

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-096782  
(43)Date of publication of application : 14.04.1998

(51)Int.Cl. G01T 1/161

(21)Application number : 09-173171 (71)Applicant : NEOPROBE CORP  
(22)Date of filing : 13.06.1997 (72)Inventor : OLSON KARL W  
THURSTON MARLIN O

(30)Priority

Priority number : 96 662600 Priority date : 13.06.1996 Priority country : US

## (54) DEVICE FOR DETECTING RADIATION SOURCE OF RADIATION AND SPECIFYING ITS POSITION, AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make necessary switch operation possible in a probe while preventing infiltration of humor.

SOLUTION: A probe 14 for a surgical operation has an integral housing 40 provided with switch driving faces 48, 50, and a piezoelectric switch 82 arranged in a long and narrow switch receiving passage 70 provided in the housing. The front end of the probe 14 supports a detector assembly 46 including a crystal 129, and its lead wire is extended in a detector signal passage 106 spaced from the switch receiving passage 70 and protected from the passage 70 by a shielding wall 112. A piezoelectric element of the switch is held in the preloaded state adjacently to the switch driving faces by a switch supporting assembly 86 including two wedges 88, 89. A long cable 22 is permanently fitted to the rear end of the housing 40 using a seal and a stress release component 144.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-96782

(43)公開日 平成10年(1998)4月14日

(51)Int.Cl.<sup>a</sup>  
G 0 1 T 1/161

識別記号

F I  
G 0 1 T 1/161

Z

審査請求 未請求 請求項の数23 FD (全 23 頁)

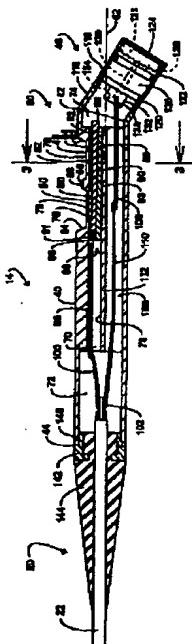
(21)出願番号	特願平9-173171	(71)出願人	594012483 ネオプローブ コーポレイション NEOPROBE CORPORATION アメリカ合衆国 43017 オハイオ州 ダ ブリン メトロ ブレイス ノース 425
(22)出願日	平成9年(1997)6月13日	(72)発明者	カール・ダブリュ・オールソン アメリカ合衆国 43085 オハイオ州、ワ ーシントン、スティーヴンソン・レーン 527
(31)優先権主張番号	6 6 2 6 0 0	(72)発明者	マーリン・オー・サーストン アメリカ合衆国 43220 オハイオ州、コ ロンバス、キオカ・アヴェニュー 3751
(32)優先日	1996年6月13日	(74)代理人	弁理士 明石 昌毅
(33)優先権主張国	米国 (U S)		

(54)【発明の名称】 放射線の放射源を検出しその位置を特定する装置及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 体液の侵入を防止しつつプローブに於いて必要なスイッチ操作を可能にする。

【解決手段】 スイッチ駆動面48、50を備えた一体的なハウジング40を有する外科手術用プローブ14。ハウジング内に設けられた細長いスイッチ受け入れ通路70内に配置された圧電スイッチ82を有する。プローブの前端は結晶129を含む検出器組立体46を支持しており、そのリード線はスイッチ受け入れ通路より隔離され且つ該通路よりシールド壁112により保護された検出器信号通路106内に延在している。スイッチの圧電素子は二つの楔88、89を含むスイッチ支持組立体86によりスイッチ駆動面に隣接してプレロードが与えられた状態にて保持されている。細長いケーブル22がシール及び応力解放用の部品144を使用してハウジングの後端に永久的に取り付けられている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】体内の組織より放射される放射線の放射源を検出しその位置を特定する装置にして、前端と後端との間に延在する手により把持可能な面を有するハウジングであって、スイッチ接触面とこれに対向する荷重担持面とを有するスイッチ受け入れ通路と、前記スイッチ接触面に對向して前記手により把持可能な面に形成され且つ手により発生される応力を内方へ伝達するに有効な所定のスイッチ壁厚さを郭定するよう前記スイッチ接触面より隔置された少なくとも一つのスイッチ駆動面とを有するハウジングと。  
前記前端に於いて前記ハウジングにシールされた状態にて接続された検出器組立体であって、前記放射線に応答して対応する検出器出力を発生する結晶検出器を含む検出器組立体と、前記手により発生される応力を応答してスイッチ信号を発生する圧電スイッチであって、スイッチ受け入れ通路内に配置された圧力応答面とこれに對向する支持面とを有し、前記圧力応答面は前記スイッチ接触面と当接した状態に配置された圧電スイッチと。

所定の傾斜角を有する第一及び第二の楔であって、それぞれ互いに接觸する当接面と実質的に互いに平行な第一及び第二の外側とを有し、前記第一及び第二の外側は前記当接面の間の相対位置により決定される装填距離だけ互いに隔置され、前記荷重担持面と前記圧電スイッチの前記支持面との間にて前記スイッチ受け入れ通路内に配置され、前記装填距離は前記圧電スイッチを前記スイッチ接触面に対し付勢するブレードを与えるよう選定された第一及び第二の楔を有するスイッチ支持組立体と、前記後端にて前記ハウジングに接続され前記検出器出力に対応する信号及び前記スイッチ信号を評価及び制御システムへ伝達する伝送組立体と、を含んでいることを特徴とする装置。

【請求項2】前記ハウジングは前記前端より後方へ延在する検出器信号通路を含み、前記検出器組立体は前記結晶検出器及び前記伝送組立体と電気的に接続され且つ前記検出器信号通路内に延在するよう配置された前置增幅回路を含んでいることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項3】前記検出器信号通路はシールド壁を郭定する距離だけ前記スイッチ受け入れ通路より隔置されていることを特徴とする請求項2に記載の装置。

【請求項4】前記ハウジングは前記前端と前記後端との間の長手方向軸線に沿って延在しており、前記スイッチ受け入れ通路は前記長手方向軸線に沿って延在しており、前記ハウジングは前記長手方向軸線に沿って延在し且つシールド壁を郭定する距離だけ前記スイッチ受け入れ通路より隔置された検出器信号通路を含み、前記検出器組立体は前記結晶検出器及び前記伝送組立体と電気的に接続され且つ前記検出器信号通路内に延在するよう配

置された前置增幅回路を含んでいることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項5】前記検出器組立体は前記長手方向軸線に対し所定の角度にて前記ハウジングに取り付けられており、前記前置增幅回路は回路基板に設けられており、前記回路基板は前記検出器組立体に接続され且つ前記検出器組立体より前記検出器信号通路内へ延在していることを特徴とする請求項4に記載の装置。

【請求項6】前記ハウジングは円筒形をなし、前記前端より内方へ延在し且つ前記スイッチ受け入れ通路及び前記検出器信号通路と連通する前側キャビティを含んでおり、前記第一の楔の第一の外側は前記圧電スイッチの前記支持面に取り付けられ且つ前記前側キャビティ内へ延在していることを特徴とする請求項4に記載の装置。

【請求項7】前記ハウジングは円筒形をなし、長手方向軸線に沿って延在しており、第一及び第二の前記圧電スイッチが前記スイッチ受け入れ通路内に配置され、前記長手方向軸線に沿って所定の距離だけ互いに隔置されおり、前記ハウジングは前記所定の距離だけ互いに隔置され且つ対応する前記第一及び第二の圧電スイッチと整合された第一及び第二の前記スイッチ駆動面を含んでおり、前記第一及び第二のスイッチ駆動面は前記ハウジングの表面に窪みとして実質的に平坦に形成され且つ前記長手方向軸線に垂直に延在するリブにより互いに分離されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項8】前記リブは前記第一及び第二のスイッチ駆動面より前記ハウジングの前記手により把持可能な面よりも下方に位置する上面まで上方へ延在していることを特徴とする請求項7に記載の装置。

【請求項9】前記ハウジングは前記前端より後方へ延在する検出器信号通路を含んでおり、前記検出器組立体は前記結晶検出器及び前記伝送組立体と電気的に接続され且つ前記検出器信号通路内に延在するよう配置された前置增幅回路を含んでいることを特徴とする請求項6に記載の装置。

【請求項10】前記検出器信号通路はシールド壁を郭定する距離だけ前記スイッチ受け入れ通路より隔置されていることを特徴とする請求項9に記載の装置。

【請求項11】前記第一及び第二の圧電スイッチは駆動されるとそれぞれ第一及び第二のスイッチ電圧信号を発生し、前記装置は更に前記スイッチ受け入れ通路内に配置されそれぞれ前記第一及び第二のスイッチ電圧信号に応答して第一及び第二の電流レベルにて第一及び第二の前記スイッチ信号を発生する第一及び第二の電流発生回路を含んでいることを特徴とする請求項10に記載の装置。

【請求項12】前記ハウジングは前記後端より内方へ延在し前記スイッチ受け入れ通路及び前記検出器信号通路と連通する後側キャビティを含んでいることを特徴とする請求項11に記載の装置。

【請求項13】前記第一及び第二の楔は実質的に同一の寸法に設定されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項14】前記第一及び第二の楔の当接面は実質的に2°の前記所定の傾斜角にて傾斜していることを特徴とする請求項13に記載の装置。

【請求項15】体内の組織より放射される放射線の放射源を検出しその位置を特定する装置を製造する方法にして、

前端と後端との間に軸線に沿って延在する手により把持可能な面を有するハウジングであって、前記前端及び前記後端の開口部にて開口し且つ該開口部にてアクセス可能でありスイッチ接触面とこれに対向する荷重担持面とを有するスイッチ受け入れ通路と、前記スイッチ接触面に対向して前記手により把持可能な面に形成され且つ手により発生される応力を内方へ伝達するに有効な所定のスイッチ壁厚さを郭定するよう前記スイッチ接触面より陽置された少なくとも一つのスイッチ駆動面とを有するハウジングを用意する工程と、

前記手により発生される応力に応答して電気端子にスイッチ信号を発生する薄い圧電スイッチであって、圧力応答面とこれに対向する支持面とを有する薄い圧電スイッチを用意する工程と、

所定の傾斜角を有する第一及び第二の楔であって、それぞれ互いに摺接する当接可能な面と前記当接可能な面が互いに接触しているときには実質的に互いに平行な第一及び第二の外面とを有する第一及び第二の楔を有するスイッチ支持組立体を用意する工程と、

前記放射線に応答して対応する検出器出力を発生する結晶検出器を有する検出器組立体を用意する工程と、

前記スイッチ信号に対応する出力信号を伝達する電気通信部品を前記圧電スイッチの前記電気端子に電気接続する工程と、

前記第一の楔の前記第一の外面を前記圧電スイッチの前記支持面に接合して前記圧電スイッチと前記第一の楔と前記電気通信部品とよりなるサブ組立体を形成する工程と、

前記開口部を経て前記スイッチ受け入れ通路内の所定の位置まで前記サブ組立体を挿入する工程であって、前記圧電スイッチの前記圧力応答面を前記スイッチ接触面に隣接して前記スイッチ駆動面と整合させる工程と、

前記第一の楔をシグに係合させて前記第一の楔を前記所定の位置に保持する工程と、

前記第二の外面が前記荷重担持面と摺動接触し且つ前記当接可能な面が互いに接触するよう前記開口部を経て前記第二の楔を挿入する工程と、

前記第二の楔を前記第一の楔に対し位置決めすることにより前記圧電スイッチにプレロードを与える工程と、

前記シグを取り外す工程と、

前記検出器組立体を前記ハウジングの前記前端に取り付

ける工程と、を含んでいることを特徴とする方法。

【請求項16】前記プレロード付与工程後に前記圧電スイッチを試験駆動する工程を含んでいることを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項17】前記サブ組立体は前記ハウジングの後端に設けられた前記開口部を経て前記スイッチ受け入れ通路内へ挿入され、前記第二の楔も前記ハウジングの後端に設けられた前記開口部を経て前記スイッチ受け入れ通路内へ挿入されることを特徴とする請求項15に記載の方法。

【請求項18】前記第一の楔には前記ハウジングの前端に於いて前記シグが係合せしめられることを特徴とする請求項17に記載の方法。

【請求項19】前記第二の楔に接着剤を適用し、前記第二の楔を前記荷重担持面及び前記第一の楔の当接面に接着する工程を含んでいることを特徴とする請求項18に記載の方法。

【請求項20】体内の組織より放射される光子放射線の放射源を検出しその位置を特定するシステムにして、前端と後端との間に軸線に沿って延在する手により把持可能な面を有するハウジングであって、前記軸線に沿って延在しスイッチ接触面とこれに対向する荷重担持面とを有するスイッチ受け入れ通路と、前記スイッチ接触面に対向して前記手により把持可能な面に窪みとして形成され且つ手により発生される応力を内方へ伝達するに有効な所定のスイッチ壁厚さを郭定するよう前記スイッチ接触面より陽置された少なくとも一つのスイッチ駆動面と、前記軸線に沿って延在する検出器信号通路とを有するハウジングと、

前記前端に於いて前記ハウジングにシールされた状態にて接続された検出器組立体であって、前記放射線に応答して対応する検出器出力を発生する結晶検出器と、前記検出器に隣接して前記検出器信号通路内に配置され印加電源が存在するときには前記検出器出力に応答して前記検出器信号通路に沿って延在する出力導線にカウント出力を発生する増幅段とを含む検出器組立体と、

前記手により発生される応力に応答してスイッチ電圧信号を発生する圧電スイッチであって、前記スイッチ受け入れ通路内に配置された圧力応答面とこれに対向する支持面とを有し、前記圧力応答面は前記第一のスイッチ駆動面の下方にて前記スイッチ接触面と当接した状態に配置された圧電スイッチと、

前記スイッチ受け入れ通路内に配置された電流発生回路であって、前記印加電源に接続された出力端子を有し、前記スイッチ電圧信号に応答して前記印加電源に所定の振幅の電流信号を与える電流発生回路と、

所定の傾斜角を有する第一及び第二の楔であって、それぞれ互いに接觸する当接面と実質的に互いに平行な第一及び第二の外面とを有し、前記第一及び第二の外面は前記当接面の間の相対位置により決定される装填距離だけ

互いに隔置され、前記荷重担持面と前記圧電スイッチの前記支持面との間にて前記スイッチ受け入れ通路内に配置され、前記装填距離は前記圧電スイッチを前記スイッチ接触面に対し付勢するプレロードを与えるよう選定された第一及び第二の楔を有するスイッチ支持組立体と、を含む手持ち操作式のプローブと、

前記プローブより離れた位置に配置された制御組立体であって、機能入力を発生するよう駆動可能な少なくとも一つの機能選択スイッチと、前記印加電源を発生する電源回路網と、前記カウント出力を受けてこれを評価しカウント対応信号を発生する入力回路網と、印加される出力信号に応答して認識可能な出力を発生する出力回路網と、前記機能入力及び前記カウント対応信号に応答してそれらに対応する前記出力信号を発生するプロセッサと、前記印加電源の電流レベルに応答してそれに対応するモニタ出力を発生するモニタ用增幅段と、前記電流信号の存在に対応する前記モニタ出力に応答して前記機能入力に対応し且つ前記プロセッサに前記認識可能な出力を発生させるエミュレート信号を発生するレベル比較回路とを有する制御組立体と、

前記プローブと前記制御組立体との間に接続され、前記出力導線を前記入力回路網と接続し、前記電源回路網より前記プローブの前記増幅段へ前記印加電源を伝達する可搬性を有する細長い伝送組立体と、を含んでいることを特徴とするシステム。

【請求項21】前記伝送組立体は前記プローブの前記ハウジングの後端にシールされた状態にて永久的に接続されていることを特徴とする請求項20に記載のシステム。

【請求項22】前記ハウジングは前記前端より後方へ延在する検出器信号通路を含んでおり、前記検出器組立体は前記結晶検出器及び前記伝送組立体と電気的に接続され且つ前記検出器信号通路内へ延在するよう配置された前置増幅回路を含んでいることを特徴とする請求項20に記載のシステム。

【請求項23】前記ハウジングは円筒形をなし、前記前端より内方へ延在し且つ前記スイッチ受け入れ通路及び前記検出器信号通路と連通する前側キャビティを含んでおり、前記第一の楔の第一の外面は前記圧電スイッチの前記支持面に取り付けられ且つ前記前側キャビティ内へ延在していることを特徴とする請求項20に記載のシステム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、体内的組織より放射される放射線の放射源を検出しその位置を特定する装置に係り、更に詳細にはかかる装置の手持ち式のプローブ及びその製造方法に係る。

##### 【0002】

【発明の背景】結腸癌や直腸癌の治療のための現在及び

これまでの方法は、腫瘍の拡がりの成り行き、従って医者による手術をするかしないかの選択に基づいている。手術の選択が行われると、一般に腫瘍の物理的位置が検出され腫瘍が外科的に切除される。外科医がかかる外科手術の一部として腫瘍性組織を検出しその位置を特定することを補助する目的で、当技術分野に於ては従来より種々の方法が開発されている（「腫瘍性組織」は癌組織と指称されることが多いが、当技術分野に於て使用される用語には悪性腫瘍や悪性腫瘍細胞という用語も見られる。「腫瘍性組織」なる用語はこれらの全てを包含するものである）。外科医が腫瘍性組織の位置を特定することを補助する目的で従来より行われている種々の努力は、放射性標識された抗体を使用することに関するものである。例えば一つの方法は比較的高いエネルギー、例えば<sup>131I</sup>にて標識された抗体が注射された患者をシンチレーションスキャニングすることを含んでいる。かかるフォトスキャニングやシンチレーションスキャニングによれば、血液プールのバックグラウンド放射能に起因して判読することが困難なシンチグラムしか得られない。

また画像を向上させる目的で放射能を有する血液プール物質をコンピュータによって減算除去したり二種類の標識された抗体（一方は腫瘍に特異的であり他方は腫瘍に特異的ではない）を使用する方法が従来より試みられている。しかしこれらの方法はCATスキャン、磁気共鳴画像法等の従来の方法に比してあるとしても殆ど有用な情報を外科医に与えることができない。

【0003】一般に外科医は、手術現場に於て観察することにより、特に触診、即ち正常な組織の感触との対比に於ける腫瘍の感触判断により、大きい腫瘍の位置を容易に特定することができる。しかし手術を成功させるためには、外科医は潜在性の腫瘍、即ち観察や触診という従来の外科法によっては発見することが困難な腫瘍の位置をなんとかして特定する必要がある。かかる潜在性の腫瘍の位置を特定したり除去することができなければ、患者の体内に於て癌が成長し、再発性の癌と誤って判断されることが多い状態になる。一般に従来のガンマ線カメラ等を使用する方法の如き従来の診断法によっては潜在性の腫瘍を発見したりその位置を特定したりすることができない。腫瘍部分の大きさが小さければ小さいほど、ある与えられた腫瘍部分に於ける放射性核種の濃度は、画像形成の観点からすると、患者の体内に於て血液プールの放射線が必ず存在するバックグラウンド中に埋没し易くなる。

【0004】1984年にMartin(医学博士)及びThurston(物理学博士)は、腫瘍の位置を特定し腫瘍を識別し除去するための遙かに改善された方法を開発した。この方法に於ては、放射性標識された抗体及び放射能の部位を検出するために手術中に外科医によって使用される携帯型の放射線検出プローブが使用される。検出プローブを標識された抗体に近付けることができるので、潜在

性の腫瘍部分に於て腫瘍性組織より放射される僅かな放射線も例えは一部には放射線伝播の逆二乗則が適用されることによって検出可能になる。この方法は放射標識免疫案内外科（Radioimmunoquided Surgery）（R I G S）（「R I G S」はアメリカ合衆国オハイオ州、ダブリン所在のNeoprobe Corporationの登録商標である）として知られている。循環する放射性標識された抗体の血液プールのバックグラウンドが人体よりクリアされてしまうまで腫瘍の検出が遅延されなければならないことが認識されているので、この外科用のR I G Sシステムは有効なものである。従ってプローブが小さい腫瘍に近付けられれば、周囲の組織に比して小さい腫瘍により放射される光子や放射線も検出可能になる。偶然にも放射性標識された抗体は放射性標識が抗体に結合した状態のまま長期間に亘り腫瘍性組織に結合し又はこれに対応する状態を維持することができる。更に腫瘍部分に於ける放射能が時間の経過と共に低下するとしても、腫瘍の部分に比して血液プールのバックグラウンド及び周囲の組織の放射能は速かに急激に低下するので、検査される組織に間近に近接して配置される手持ち式のプローブを使用して放射能を有する部位を容易に判定することができる。R I G S法に関する特許は1988年11月8日付にて発行され本願出願人に譲渡された米国特許第4,782,840号である。

【0005】放射標識免疫案内外科により達成される重要な利点が従来より報告されている。この点に関し以下の出版物を参照されたい。

【0006】(1) "Radioimmunoquided Surgery system improves survival for patients with recurrent colorectal cancer" Bertsch等、「Surgery」、1995年、第118号、第634頁乃至第639頁

(2) "Radioimmunoquided surgery in Primary Colorectal Carcinoma: An Intraoperative Prognostic Tool and Adjuvant to Traditional Staging" Arnold等、「American J. Surg.」、1995年、第179号、第315頁乃至第318頁

(3) "The Significance of Intraoperative Peritoneal Lymph Node Metastasis Identification in Patients with Colorectal Carcinoma" Schneebaum等、「Cancer」、1995年、第75号、第2809頁乃至第2817頁

(4) "Identification of Occult Micrometastases in Pericolic Lymph Nodes of Dukes' B Colorectal Cancer Patients Using Monoclonal Antibodies against Cytokeratin and CC49" Greenson等、「Cancer」、1994年、第73号、第563頁乃至第569頁

(5) "Intraoperative Detection of Occult Colon Cancer Micrometastases Using <sup>111</sup>I-Radiolabeled Monoclonal Antibody CC49" Cote等、「Cancer」1996年、第77号、第613頁乃至第620頁

【0007】放射標識免疫案内外科システムは一般に二つの基本的な構成要素、即ち制御装置と上述の如き手持ち式のプローブとよりなっており、プローブは可携性を有するケーブルを介して制御装置と電気通信接続されている。制御装置は殺菌された領域外にて手術室施設内に配置されるが、手持ち式のプローブ及びそれに対応するケーブルの前方部分は殺菌された領域内に配置される。手持ち式の放射線検出プローブは比較的小さく、テルル化カドミウム亜鉛結晶検出器と共に働く。かかる検出プローブが例えは1991年12月10日付にて発行され本願出願人に譲渡された米国特許第5,070,878号に記載されている。

【0008】幾分か離れた位置に配置される制御装置は指にて駆動される一連のスイッチと共に比較的大きいディスプレイを有する。従来のオンスイッチやオフスイッチ及びバラメータ調節スイッチに加えて、駆動されると所定の時間に亘り収集された放射線カウントの読みを与えるリセットカウントスイッチが設けられている。所定の時間は一般に2秒程度である。更に制御装置は統計学的重要性のレベルを選定するためのスイッチ、即ちレンジスイッチを含み、このスイッチは従来より「スケルチ」スイッチと呼ばれている。このスケルチスイッチは上述のリセットカウントスイッチと共に働く、スケルチスイッチが駆動された後にリセットカウントスイッチが駆動される。これら二つのスイッチの駆動が所定の時間内に行われると、制御装置は例えは5秒の如き所定の時間に亘り統計学的計数率評価を行い、これによりシステムが検査されている組織に於けるバックグラウンド放射線に対し調整される。

【0009】一般に手持ち式のプローブにより検出される放射線はまず適当なエネルギーレベルについて評価され確認される。次いで標識より放射された放射線を示す確認されたカウントが計数率について統計学的に評価される。計数率が統計学的に意味のある計数率である場合には、システムは音の形態の出力として表示される聴覚音モードにて作動し、これにより計数率が予め設定された統計学的閾値を越えたことを示す警報が外科医に発せられる。この統計学的閾値はシステムにより演算され、スケルチ閾値計数率値と呼ばれる。閾値計数率を求めるための基本計数率は、プローブの結晶面を組織の所望の領域に向けた状態を維持することにより発生される。例えは外科手術の開始時にプローブは5秒間に亘り心臓の領域に保持され、これにより血液プール（バックグラウンド）の放射線を示す平均計数率を発生する。次いで制御装置のソフトウェアアルゴリズムがその動作モードに応じて基本計数率よりも高い三つの標準偏差（3シグマ）のレベルにて腫瘍の存在についての値を設定する。このアルゴリズムは1989年12月26日付にて発行され本願出願人に譲渡された米国特許第4,889,991号に記載されている。

【0010】手持ち式のプローブ及び制御装置は黒色腫や乳癌に関する手術にも従来より使用されている。特にかかる手術に於いては、ある与えられた病巣に関連する所属リンパ系内の前哨リンパ節の同定が行われる。この手術に於いては、放射性薬品が病巣の領域に注射され、一つ又はそれ以上のリンパ管を経て所属リンパ節ベイスンへ移動せしめられる。かくして移動する放射性薬品が最初に遭遇する一つのリンパ節、場合によっては二つのリンパ節が前哨リンパ節と特定される。このリンパ節は転移の有無について研究室での評価が行われるよう切除される。R I G S のプローブは放射性薬品を導くリンパ管を追跡し、プローブを患者の皮膚に配置した状態にて前哨リンパ節より放射される放射線を検出することによって前哨リンパ節の位置を特定するために使用される。上述の二つのスイッチによるスケルチング法を使用することにより、僅かな切開にてプローブを使用することができ、音発生領域の円が放射線を放射しているリンパ節の位置を特定し得る程度の小さな範囲になるまでシステムの音発生応答を徐々に小さくする一連のスケルチ工程を行うことができる。この工程はリンパ節の分析に必要な外科手術の程度を低減し、また癌の転移についての従来の評価の面倒さや複雑さを低減する。

【0011】コロレクタル (colorectal) に基づく手術にて行われる放射標識免疫案内外科を担当する医者により、制御装置に設けられたスイッチング機能に加えて手持ち式のプローブ自体に幾つかのスイッチング機能を設けることが好ましいことが従来より示されている。かかる構成によれば、外科医は殺菌された領域外に配置された制御装置に於いてスイッチングを行うよう外科アシスタントに口頭にて指示するのではなく、プローブを保持する手を用いて R I G S 工程を行うことができる。しかしスイッチがプローブに設けられる場合には、スイッチはプローブの内部に体液が全く侵入しないよう構成されなければならない。プローブが体腔内に於いて使用される場合には、破損した機械的接合部や開いた状態又は不完全に形成された接合部が存在すると、プローブ内に体液が侵入してしまう。スイッチングシステムは弾性変形したりプローブの外面より内部までシールされた状態にて延在する孔を有するスイッチ領域に於いて手により操作される必要があるので、特定の問題が生じる。プローブ及びそのケーブルはオートクレーブによる殺菌工程の高温度に耐えるよう強固な構造のものでなければならぬので、薄膜にて覆われたスイッチ等を使用することによっては望ましい解決は得られない。ハウジングやケーブル及びスイッチは外科的な使用中に体液が実質的に侵入しないよう構成されなければならない。

#### 【0012】

【発明の概要】本発明は、改良されたプローブ、その製造方法、プローブがそれより離れた位置に配置された制御組立体、即ち制御装置との組合せにて使用されるシス

テムに係る。殺菌された現場に於ける手術中に体液の侵入を防止しつつプローブに於いて機能の切換えを行うことができる。

【0013】プローブは好ましくは指により駆動される二つのスイッチを支持する一つの一体的なハウジングにて構成される。スイッチの機能はハウジングに連続的で孔のない構造を乱すことなく達成される。特にハウジングは前端及び後端に設けられた孔形のキャビティの間に延在するスイッチ受け入れ通路が内部に形成された円筒体として準備される。スイッチ受け入れ通路は外方に位置するスイッチ接触面とこれに對向しこれより平行に隔置された荷重担持面とを有するよう形成される。内部に設けられたスイッチ接触面と平行であり且つその上方に窪みの形態にて設けられた平坦なスイッチ駆動面が形成されるようハウジングの外面が加工され、スイッチ接触面とスイッチ駆動面との間に所定のスイッチ壁厚さが確保される。例えば二つのスイッチ素子を有する薄い平坦な圧電スイッチが、その圧力応答面がスイッチ受け入れ通路のスイッチ接触面と当接した状態に配置されるよう、スイッチ受け入れ通路内に配置される。次いで圧電スイッチは互いに共働する二つの楔を用いてスイッチ接触面に対し押圧するプレロードが与えられる。かくして構成されると、外科医はハウジングの外面に於いてスイッチの位置を触覚により容易に特定することができる。スイッチ駆動面が押圧されても殆ど弹性変形は発生しないが、十分な応力が圧電スイッチ素子に伝達され、これによりスイッチ電圧が発生される。結晶検出器を有する検出器組立体が対応する前置増幅器と共にハウジングの前端に取り付けられる。このことはスイッチ受け入れ通路に隣接してハウジング内に延在する検出器信号通路を設けることによって達成される。前置増幅器及びその導線は検出器信号通路内へ延在するよう配設される。検出器信号通路はスイッチング機能による干渉より前置増幅器及びその導線を保護するシールド壁を郭定するようスイッチ受け入れ通路より隔置される。

【0014】圧電スイッチ素子は各スイッチ素子のための小さい回路基板に取り付けられた電流発生回路と共に構成され、その回路基板もスイッチ受け入れ通路内に配置される。三つの導線が圧電スイッチ素子より電流発生回路基板まで延在し、回路基板は二つの出力リード線を有し、それらのリード線はハウジング内に設けられた後側のキャビティに於いて前置増幅器の4リード線出力端子に接続される。4線出力を達成するためのこれらの導線の対応するケーブルへの接続は、後側のキャビティ内に於いて接続回路基板により適宜に達成される。

【0015】これら四つの導線を含むケーブルは、取り外し可能なコネクタ端子によりハウジングに接続されるのではなく、医療品質のシリコーンゴムにて形成された円錐形の応力解放部材を用いて永久的に固定される。

【0016】プローブ、特にそのスイッチ素子は容易に

組み立てられる。例えば圧電スイッチ及びプレロードを与えるために使用される二つの楔のうちの上側の楔よりなるサブ組立体が形成される。サブ組立体は更に圧電スイッチに接続された電流発生回路基板と該基板より延在する二つのリード線とを含んでいる。このサブ組立体はスイッチ受け入れ通路内に挿入され、単純なジグを使用して、例えば上側の楔の前端に設けられた二つの整合孔を使用して、圧電スイッチ素子がハウジングのスイッチ駆動面と整合される。次いで下側の楔がエポキシ接着剤の如き緩硬化接着剤を使用してスイッチ受け入れ通路内に配置される。接着剤が未硬化の状態にある状況に於いて、スイッチ組立体が試験され、必要な調整が行われる。予め取り付けられた前置増幅器及び四つのリード線を有する前方に配置された検出器組立体は、好ましくは溶接又はろう合金を使用するろう付けによりハウジングの前端に取り付けられる。次いでハウジングの後端に設けられたキャビティ内に於いて後方へ延在するリード線の接続が行われ、また伝送ケーブル及びシールが永久的に取り付けられる。

## 【0017】

【発明の実施の形態】以下に添付の図を参照しつつ、本発明を実施形態について詳細に説明する。

【0018】図1に於いて、放射標識免疫案内外科システム(RIGS)が符号10にて全体的に示されている。システム10は今では幾つか旧式のものとなった従来の制御装置12を含み、制御装置12には符号14にて全体的に示されたプローブが接続されている。制御装置12は例えば1989年1月31日付にて発行され本願出願人に譲渡された米国特許第4,801,803号に記載されている。制御装置12の前面16には可搬性を有するケーブル22を含む符号20にて全体的に示された伝送組立体を経てプローブ14と電気信号を通信しプローブへ電力を供給するカップリング、即ちコネクタ18が設けられている。更に制御装置12の前面16には比較的大型のLCDディスプレイ24と、二色LEDディスプレイ26と、符号28にて全体的に示された一連の指にて操作されるスイッチとを有している。

【0019】スイッチ列28、即ちキーボードにより、マイクロプロセッサにて駆動される制御装置12は医者と指令対話、即ちユーザーフレンドリーな対話をを行うことができる。それぞれ符号30及び31にて示された従来のオンスイッチ及びオフスイッチに加えて、前面16に設けられたスイッチはカウントモードスイッチ32、サウンドスイッチ33、リセットカウントスイッチ34、統計学的重要性レベル選択スイッチ、即ちレンジ設定スイッチ(スケルチスイッチ)35、キャリブレーションスイッチ36、スイッチにて設定されるモードの範囲内にて調節を行うための増大スイッチ37及び低減スイッチ38の如き機能選択スイッチを含んでいる。スイッチ列28のスイッチのうちリセットカウントスイッチ

34及びスケルチスイッチ35が医者による使用中に比較的頻繁に操作される。リセットカウントスイッチ34の機能は所定の時間、例えば2秒間に亘りカウント値を求めることがある。またスケルチスイッチ35は測定されたバックグラウンド計数率に基づき統計学的計数率値を求めるべくリセットカウントスイッチ34との関連で使用される。例えばRIGS工程に於いては、まずプローブ14が血液プールのバックグラウンド計数率を求めるべく心臓又は大動脈の近傍に配置される。バックグラウンド計数率が求められる時間は例えば5秒である。次いで制御装置12のマイクロプロセッサに基づく制御システムが統計学的に意義のある値、例えば基本となるバックグラウンド計数率の所定の数の標準偏差を演算し、これにより統計学的に意義のある放射線計数率の閾値レベルを求める。この閾値は例えば基本計数率を越える三つの標準偏差(3シグマ)のレベルである。レンジ設定工程は外科医により「スケルチング」と呼ばれる。システム10はかかる閾値レベルとの関連で動作しているときには、腫瘍の可能性が高い部位がプローブ14の前端窓の位置に間近に近接した位置にあることを示す聴覚音を外科医に発する。またこのスケルチ工程は乳癌や黒色腫の手術との関連で前哨リンパ節を検索したり位置を特定する際に使用される。一般にスケルチ工程に於いてはスイッチ列28の二つのスイッチを操作する必要がある。最初にスケルチスイッチ35が操作され、しかる後所定の時間以内に、例えば7秒以内にリセットカウントスイッチ34が操作される。一般に、制御装置12は手術室の滅菌領域外に配置されるが、プローブ14は滅菌領域内にて外科医の手に配置される。プローブ14に設けられたスイッチを操作することによりスイッチ34及び35の機能を果たす機会を外科医に与えることが非常に有益であることが判っている。

【0020】プローブ14は体液の侵入を防止しつつスイッチ34及び35により与えられる機能をエミュレートするスイッチの機能を果たす。図2はプローブ14が前端42と後端44との間に延在する手により把持可能な面を有する一体的なハウジング40を有するよう構成されていることを示している。「一体的な」とは、スイッチの機能を持たせるための接続部や連結部が存在しないことを意味する。符号46にて全体的に示された検出器組立体がハウジング40の前端42に接続されており、伝送組立体20はハウジング40の後端44に接続されている。符号48及び50にて示されている如く、二つの平坦なスイッチ駆動面がハウジング40に一体的に形成されている。更に図3に示されている如く、スイッチ駆動面48及び50はそれぞれ符号52及び54にて示された前側傾斜面及び後側傾斜面を有するようハウジング40に形成されており、これらの傾斜面はスイッチ駆動面48及び50と共に共働してスイッチ領域60を郭定している。スイッチ駆動面48と50との間には平坦

13

な上向き面5 8 を有する傾斜リブ5 6 が郭定されており、上向き面5 8 はハウジング4 0 の外周面よりも低いリブ高さを有している。かくして形成されたスイッチ領域6 0 は外科医により触覚にて容易に同定可能であるので、外科医はリセットカウントスイッチ3 4 の機能を果たすスイッチ駆動面4 8 を傾斜リブ5 6 及び傾斜面5 2 との関連で容易に判定することができる。同様に、外科医は傾斜リブ5 6 及び傾斜面5 4 の位置によりスイッチ駆動面5 0 を触覚にて容易に同定することができる。外科医によりスイッチ駆動面5 0 が駆動されると、スケルチスイッチ3 5 の駆動及びその後のリセットカウントスイッチ3 4 の駆動に対応するエミュレートされた切換えシーケンスが実行される。従って制御装置1 2 に於いては二つのスイッチの操作が必要であるのに対し、一回のスイッチ操作にてシステム1 0 は基本計数率及びその計数率よりも高い閾値を再設定することができる。

【0021】図2及び図3は一体的なハウジング4 0 が内部にスイッチ受け入れ通路7 0 を有するよう構成され、通路7 0 はハウジング4 0 の後端に於いて開口し、円筒孔の形態にて形成されたキャビティ7 2 を経てハウジングの後端よりアクセス可能であり、また長さの短い円筒孔として前端に形成されたキャビティ7 4 よりアクセス可能であることを示している。通路7 0 は例えばワイヤ式の放電加工(EDM)を使用して正確に成形される。この方法によれば上方に位置するスイッチ接触面7 6 及びこれと平行に対向する平坦な荷重担持面7 8 を非常に正確に形成することができる。各面7 6 及び7 8 は平坦であり、面7 6 はスイッチ駆動面4 8 及び5 0 と平行であり、また指の圧力によるスイッチ駆動面4 8 及び5 0 の弾性変形が触覚によっては検出することができないほど僅かであるよう選定された厚さのスイッチ壁7 9 を郭定する所定の距離だけスイッチ駆動面4 8 及び5 0 より隔置されている。アルミニウム製の好みのハウジング4 0 の場合には、この厚さは約1.5~2.0 mil (0.38~0.51 mm) であり、スイッチの駆動時にスイッチ駆動面4 8 及び5 0 より与えられる弾性変形量はマイクロインチ(1 inch=2.5, 4 mm)の範囲であり、従ってオペレータは実質的に材料の歪みを発生させることなく手により発生した応力を伝達することができる。従ってスイッチ領域6 0 に割れを発生し体液がプローブ1 4 の内部領域へ侵入することを許す疲労を惹起すことなく、ハウジング4 0 の一体構造によりシールが達成される。

【0022】二つの素子による薄い圧電スイッチ8 2 の圧力応答面8 0 がスイッチ接触面7 6 に当接して配置されている。圧電スイッチ8 2 の圧力応答面8 0 は例えばFR4材料にて形成された剛固な基体上に支持されている。この材料の下面は平坦な逆向きに配置された支持面8 4 であり、図には示されていない三つの端子を有している。一方のスイッチ素子はスイッチ駆動面4 8 の直

14

下に配置され、他方のスイッチ素子はスイッチ駆動面5 0 の直下に配置される。圧電スイッチ8 2 の如きスイッチはアメリカ合衆国ウイスコンシン州ウォーソー所在のWilson-Hurd, Inc. より販売されており、1989年8月15日付にて発行された米国第4,857,887号公報に記載されている。これらのスイッチはそれらの性能を向上させるべく圧縮状態のプレロードが与えられることが好みしい。

【0023】スイッチ8 2 をスイッチ接触面7 6 に対し押し付けた状態にて保持すべく、符号8 6 にて全体的に示されたスイッチ支持組立体制が設けられている。組立体制8 6 はアルミニウムにて形成され例えば符号9 0 及び9 1 にて示された互いに対応する傾斜面を有する二つの相補的な楔8 8 及び8 9 にて形成されおり、楔8 8 及び8 9 はそれぞれ符号9 2 及び9 3 にて示された互いに逆向きで平行な外面を有している。楔8 9 の外面9 3 はスイッチ受け入れ通路7 0 の荷重担持面7 8 に当接している。楔8 9 を前方へ移動させ楔8 8 を静止状態に維持することにより、圧電スイッチ8 2 に対し圧縮荷重が与えられ、楔は圧電スイッチを所定の位置に保持し、所望のプレロードを与える。従って互いに平行な外面9 2 及び9 3 は互いに当接する傾斜面9 0 及び9 1 の間の相対位置により決定される装填距離だけ互いに隔置される。この支持構造は更に外科医の指の圧力によりスイッチ駆動面4 8 及び5 0 より与えられる歪みの大きさを制限する。

【0024】圧電スイッチ8 2 の二つの互いに隔置されたスイッチ素子は電圧により分類される切換え信号を発生する。従ってプローブを接地接続するリード線に加えて二つのスイッチ素子のそれぞれに対しリード線が設けられており、これらのリード線は上述の端子に接続されている。これら三つのリード線(そのうちの一つが符号9 6 にて示されている)は回路基板9 8 に設けられた二つのスイッチ検出回路に接続され、これらのリード線及び回路基板は互いに共働して電気信号伝送手段を構成している。回路基板9 8 はスイッチ8 2 の各スイッチ素子に対し一つずつの割合で二つの電流発生回路を支持している。回路基板9 8 に設けられたこれらの回路は、4リード線ケーブル2 2 よりプローブ1 4 に与えられる+1.2 Vの供給電圧入力に足し合わされた電流値を発生する。かかる電流信号はリード線群1 0 0 の二つの導線の一方を経てキャビティ7 2 を横切って取り付けられた接続回路基板1 0 2 へ供給される。

【0025】スイッチ受け入れ通路7 0 に近接してこれと同一の範囲に亘り延在する検出器信号通路1 0 6 が、キャビティ7 2 と7 4 との間にオープンアクセスの関係にて延在し、前置増幅回路を支持するプリント回路基板1 0 8 を受け入れるよう構成されている。回路基板1 0 8 に設けられた前置増幅回路は4リード線群1 1 0 との関連で機能し、4リード線群1 1 0 は図2に於いては回

50

路基板102に接続されるよう後方へ延在している。回路基板102に於いては、+12Vのリード線及び接地電位のリード線が2リード線群100と接続されており、リード線群110の4つのリード線がケーブル22を経て制御装置12まで延在している。通路70及び106はそれらの間にシールド壁112を与えるよう構成されている。従って回路基板108に設けられた前置増幅回路により発生される重要な信号及び4リード線群110により伝送される信号は、圧電スイッチ82の二つのスイッチ素子及び回路基板98に設けられた対応するスイッチロジック回路により発生される干渉より遮断される。

【0026】プローブ14の前置増幅回路を支持する回路基板108は検出器組立体46により支持されている。検出器組立体46はハウジング40の中心軸線62に垂直な平面に対し15°の角度にて傾斜する前端42及び対応する15°の傾斜角をなす短いコネクタチューブ116が一体的に接続されることにより、ハウジング40の前端42より外方へ延在している。コネクタチューブ116は溶接により前端42に於いてハウジング40に接続されており、円筒形をなし、軸線62に対し30°の角度にて傾斜し、環状の端部118にて開口している。またチューブ116は、それがエンドキャップ122を受け入れ得るよう端部118より内方の位置まで縮径されており、エンドキャップ122の円形の前面（窓124）は使用される放射線に対し透過性を有する材料にて形成されている。チューブ116の縮径部118に於けるエンドキャップ122の接続は、例えば誘導加熱により溶融されると合金化してろう付け材料を形成し所要の接続を行う二つの成分を使用するろう付け式の工程により行われることが好ましい。かかる材料は溶融後には各成分の融点よりも高く且つオートクレーブによる殺菌温度よりも十分に高い再溶融温度を有するようになる。例えばかかる材料としてインジウム及び金の組合せがある。

【0027】チューブ116には実質的に円筒形をなす検出器マウント126が取り付けられており、マウント126の内部には結晶検出器129を受ける円筒カップ形のキャビティ128が形成されている。一般にマウント126は放射線を減衰させる鉛の如き材料にて形成され、キャビティ128の側面はキャビティ128内に配置された結晶検出器の前面のみが窓124を通過して衝突する放射線を受けるよう前方へ延在している。一般にこの目的でテルル化カドミウム亜鉛結晶検出器が使用される。この種の検出器は窓124に間近に隣接する前面に於いて接地接続され、反対側の面、即ち内向きの面に於いてバイアス入力が与えられる必要がある。かかるバイアスは回路基板108に設けられた前置増幅器よりキャビティ128に連通する円筒形の通路130に沿って延在するリード線を介して与えられる。図2は更に前置

増幅回路を支持する回路基板108が外方へ延在する円筒形のスタッド132にて検出器マウント126に取り付けられていることを示している。スタッド132は通路130と連通し、通路130は符号134にて示されている如く円錐形、即ちロート形の内面形状を有するよう開口している。回路基板108はそれが片持梁の形態にて検出器信号通路106内へ後方へ延在するよう、スタッド132に形成されたろう付け部により溝に固定される。キャビティ128内に検出器を取り付けるための一つの好ましい方法及び結晶検出器にバイアス及び接地電位を与える方法が前述の米国特許第5,070,878号公報に記載されている。

【0028】次に伝送組立体20について見ると、一体化的なハウジング40の後端44は円筒形のリヤキャップ142の小径の円筒部140に接続されている。小径の円筒部140とハウジング40との間の接続は、キャップ122と検出器組立体46の小径の円筒部120との間の接続部に使用される二成分ろう付け法により行われることが好ましい。リヤキャップ142は、医療品質のシリコーンゴムにて形成されケーブル22を囲繞し且つこれに対しシールする細長い円錐形の応力解放部材144と密に連結される。ネオプレンの如き材料はオートクレーブによる殺菌処理が可能であり、伝送組立体20の如き組立体は例えばアメリカ合衆国オレゴン州、ポートランド所在のPrecision Interconnect Division of AMP, Inc.より販売されている。

【0029】プローブ14の組み立ては、スイッチ受け入れ通路70にスイッチ支持組立体86を使用することによって容易に行われる。このことはハウジング40が上述の如く一体化的な構造である場合にも達成される。また組み立ては後方に位置する円筒孔形のキャビティ72及び前方に位置する円筒孔形のキャビティ74が存在することによっても容易にされる。図4には組み立て工程の一部が図示されている。組み立てはリード線96及び回路基板98に設けられた回路よりなる電気通信部品を圧電スイッチ82の下面に配置された端子に接続することより開始される。更にスイッチ信号処理回路を支持する回路基板98に設けられた回路より延在する電気リード線が取り付けられる。これら二つのリード線が図2に於いてリード線群100として図示されている。リード線はそれらがハウジング40の後端44を越えて延在するような長さを有している。回路基板98に取り付けられた比較的薄い表面固定電子部品は図2及び図4に図示されていない。

【0030】楔88に圧電スイッチ82を接着固定することにより予備的なサブ組立体が形成される。一般にスイッチ82の下側の支持面84は紙又はプラスチックの取り外し可能なカバーシートにより保護された接着剤にて被覆されている。まずカバーが除去され、スイッチが楔88の外面92に取り付けられる。図2及び図4に示

17

されている如く、スイッチ82はそれが楔88の薄い側の端部にオーバラップし厚い側の端部、即ち前端部が露呈されるよう配置される。検出器組立体46が図2及び図4に示された30°の角度にて傾斜している場合には、次いでコネクタチューブ116が溶接又は前述のろう付け法を使用してハウジング40の前端42に連結される。かかる取り付けにより寸法のばらつきが生じるので、上側の楔88はハウジング40の後端44に対し機械的に位置決めされことが好ましい。一般に楔88が取り付けられた圧電スイッチ82(取り付け前に楔88の外面92が清浄にされることが好ましい)と回路基板98及びその回路やリード線96とを含む電気通信部品となりなるサブ組立体は、円筒孔形のキャビティ72及びスイッチ受け入れ通路70の後側の開口を経て挿入される。

【0031】かかる位置決めを容易にする固定装置やジグが使用されてよい。しかし図示の構成の場合には、楔88の配置及びその固定は図4に於いて符号150にて全体的に示された二つの部分よりなるジグ型の構造体、即ち固定装置により行われる。ジグ150は貫通孔154を有する円筒形のキャップ152を含んでいる。キャップ152の小径の円筒部156がコネクタチューブ116の円筒形の内面内に挿入され、その外方へ延在するフランジ部158がコネクタチューブ116の端部に当接せしめられる。当接面164及び上面166を有する幾何学的ジグ部品162の丸棒部分160が貫通孔154に摺動によって挿入され、上面166より垂直上方へ延在する二つのピン(そのうちの一つが符号168にて示されている)が楔88の厚い側の端部に設けられた対応する孔に係合せしめられる。かくして組み立てられると、サブ組立体は二つの圧電素子を有する圧電スイッチ82がスイッチ駆動面48及び50の下方に位置決めされるよう適正に配置される。ジグ150が二つの部分よりなる構造であることによりハウジング40及びチューブ116の30°の傾斜角が受け入れられる。

【0032】次いで下側の楔89がキャビティ72及びスイッチ受け入れ通路70の後側の開口を経て図4に示された要領にて挿入される。この挿入は8時間以上の硬化時間を有するエボキシ接着剤の如き緩硬化接着剤を使用して行われることが好ましい。矢印170により示されている如く、楔89はその傾斜面91が楔88の対応する傾斜面90に摺接するまで前方へ移動される。この場合楔88はジグ150により所定の位置に保持される。楔89は傾斜面90と91とが摺接により当接するよう矢印170の方向へ移動される。楔89が楔88と密に係合した状態になると、ばね付勢されたタンバーにより軽く叩かれ或いはキャリプレーションされた衝撃が与えられ、これにより圧電スイッチ82に所要のプレロードが与えられると共にスイッチ82がその動作位置に固定される。楔88に対する楔89の最終的な位置関係

18

が図2に示されている。組み立て工程のこの時点に於いてスイッチ機能が試験される。緩硬化接着剤を使用することにより、サブ組立体の位置が適正になるまでサブ組立体の位置が調節される。硬化時間が経過した後、まずキャップ152が取り外され、次いで幾何学的ジグ部品162が取り外されることによってジグ150が除去される。

【0033】次いで検出器組立体46が図2に示された要領にてコネクタチューブ116に取り付けられる。検出器組立体46を含むサブ組立体は4リード線群110が予め取り付けられた図2に示された前置増幅器の回路基板108を含み、4リード線群110及びプリント回路基板108に設けられた前置増幅回路を含む部品が検出器信号通路106内に図2に示されている如く配設される。4つのリード線は上述の如く符号100にて示された二つのリード線に接続されるよう接続回路基板102まで延在している。次いでケーブル22の四つのリード線も接続され、これにより回路基板102の組み立てが完了する。

【0034】一般に楔88及び89は同一の形状を有することが好ましく、スイッチ82に所要のプレロードを与えるためには傾斜面90及び91の傾斜角が2°であることが好ましいことが判っている。回路基板98の表面に固定された素子は回路基板より下方へ突出しているので、楔88及び89の寸法は、楔89が前方へ移動される際に楔89の傾斜面91と表面に固定された素子とが接触しないような寸法でなければならない。

【0035】楔88及び89の製造に於いては、それらの外面92及び93が常に平行な状態を確保するためには、互いに共働する傾斜面の傾斜角が同一であることが重要である。このことによりスイッチ82の各圧電素子が実質的に同一のプレロードを受け実質的に同一の状態にて固定される。更に各楔の傾斜角は長手方向の軸線に沿ってのみ設けられ横方向の軸線に沿う方向には設けられないことが重要である。四つの楔を形成するに十分な幅を有する一つのアルミニウム片を使用して楔の許容し得る製造が行われた。各アルミニウム片がフライス盤に固定され、一方の面について仕上げ加工が行われる。次いでアルミニウム片が上下逆転され、フライス盤のテーブルに固定される。次いで一つの軸線に沿う傾斜角が約2°でありその軸線に垂直な軸線に沿う方向の傾斜角が実質的に0になるよう表面がフライス加工される。次いでフライス加工された一つのアルミニウム片より四つの楔がスリッティング法を使用して長手方向に切り出される。この方法を使用して形成される各対の楔の外面は測定可能な範囲内に於いて厳密に互いに平行である。フライス加工により形成された各対の楔は互いに一対の状態に維持され、他のフライス加工により形成された楔と混在されなければならない。

【0036】キャビティ72内に接続回路基板102を

挿入する前に回路基板108に設けられた前置増幅回路を含む検出器組立体46について再度試験が行われてよい。キャップ142が接続されケーブル22及び応力解放部材144が適宜に連結されると、組み立てが完了する。

【0037】図5及び図6にはシステム10に使用される回路のブロック線図が図示されている。図5及び図6はこれらの図に示されている通り互いに隣接して並べられた状態にて見られなければならない。図5に於て、検出器マウント126内に取り付けられるに適したテルル化カドミウム亜鉛結晶の如き結晶が符号129にて示されており、導線182により接地接続された一方の面を有し、他方のバイアスされた面は導線184及び186によりブロック188にて示されたバイアスフィルタに接続されている。バイアスフィルタ188への入力は符号22にて先に説明したケーブル内に延在する導線190に与えられ、符号22は図5に於ても使用されている。このバイアス入力は導線192にて示されている如く図6に於てブロック194にて示されたマルチ出力電源より出力される。これらの種々の出力は図6に於て矢印196により総括的に示されている。

【0038】図5に於て、検出器129に衝突する放射線に対応する検出器出力を伝達する検出器129よりの導線184はブロック198にて示された積分段まで延在している。この積分段198は回路基板108に設けられた前置増幅機能の一部を構成している。検出された放射線の積分値は導線200を経てブロック202にて示された駆動増幅回路網へ導かれる。ブロック198及び202よりなる一つの好ましい前置増幅回路が、例えば1995年8月15日付にて発行され本願出願人に譲渡された米国特許第5,441,050号に記載されている。図6に於てブロック194にて示された電源及び矢印196より前置増幅回路に直流電流が供給される。この直流電流は導線204にて示されている如くブロック206にて示されたプローブ電流回路網へ供給される。電流回路網206は導線208にて示されている如くマイクロコンピュータの制御下にてプローブ14が制御装置12に適正に接続されたか否かを判定するための信号を出力する。前置増幅回路への直流電流の供給は導線210及び212により行われる。導線212はケーブル22の一部を構成している。

【0039】導線212には導線214にて示されている如く圧電スイッチ82及び回路基板98にて示された対応する回路の出力端子の一方の導線が接続されている。導線群100の第二の導線が符号216にて示されており、導線216は導線218にて接地接続されている。接地電位はブロック194にて示された電源及び矢印196(図6参照)より発生され、導線218及び220により示されている。プローブのスイッチ及びコード化回路が図5に於いてブロック222にて示されてい

る。一般に、圧電スイッチ82の何れか一方のスイッチ素子が駆動されると、スイッチ電圧信号が発生され、該電圧信号は導線214により電源入力導線212に接続された出力端子を有する電流出力電圧比較回路へ導かれる。圧電スイッチにより発生され比較回路と共に動作するスイッチ電圧信号は、導線212に所定の振幅の電流信号を発生するよう機能し、該電流信号はブロック224にて示されたプローブスイッチ論理回路により検出される。論理回路224は監視導線226及び228により示されている如く導線210に存在する電流変動を監視する。ブロック224にて示された論理回路は、何れかのスイッチ駆動面48又は50(図1参照)に指の圧力が与えられることにより行われる圧電スイッチ82の何れか一方のスイッチ素子が駆動されることに対応する機能入力信号を発生する監視用増幅段及びレベル比較回路を含んでいる。これらの機能入力信号はそれぞれ導線230及び232に与えられる。図示の実施形態に於いては、導線230に於ける出力はリセットカウントスイッチの駆動を示し、導線232に於ける出力はスケルチスイッチの駆動を示す。プローブ14に於いてスイッチ駆動面50のスケルチスイッチが駆動されると、ブロック224内の論理回路は導線232に信号を出力し、次いで短時間の遅延後に導線230に信号を出力するシーケンスを発生する。ブロック222にて示されたプローブスイッチ及びブロック224にて示された論理回路が設けられているので、可携性を有するケーブル22の既存の電源導線を使用することができ、システム10のプローブスイッチのための追加の導線は不要である。このことは、ケーブル22ができるだけ小径であり且つ可携性に優れていることが重要であるので有利である。

【0040】前置増幅段(198、202)はカウント出力を発生し、このカウント出力はケーブル22内の導線234及び導線236を経て制御装置12へ供給される。導線236は図6に於いて符号238にて全体的に示されたエネルギー検出窓回路網の入力端まで延在している。更に図6に於いてエネルギー検出窓回路網238はブロック240にて示された上限値比較器及びブロック242にて示された下限値比較器を含んでいる。導線236のカウント出力信号、即ち光子カウント信号は導線244にて示されている如く各比較器240及び242へ同時に供給される。これに対応して上限値比較器240の比較値、即ち上限値は図5に於いてブロック246にて示されたデジタルアナログ変換器(DAC)より供給される。変換器246はブロック248にて示されたマイクロプロセッサ回路網により制御され、変換器246に対するデジタル制御信号は導線250を経て供給される。かくして比較器240の上限値は変換器246より導線252を経て供給される。同様に下限値比較器242の下限値は変換器246より導線254を経て供給される。

【0041】また導線250にて示されている如くマイクロプロセッサ回路網248は瞬時パルスレートに対応するアナログ信号を変換器246へ出力する。この情報は導線256を経てブロック258にて示されたパルスレート增幅回路網へ伝達される。パルスレート増幅回路網258の出力は導線260を経て制御装置12の後方部へ供給される。またブロック258にて示された増幅回路網はシステムの下流側の構成部分を試験するための較正パルスを発生するために使用される。かくしてマイクロプロセッサ回路網248は所定のパルスレベルをデジタル-アナログ変換回路網246を経てブロック258にて示された増幅回路網へ供給する。この回路網の導線262に於ける出力はパルス幅を設定するようブロック264にて示されている如く選択的に切換えられる。ブロック264にて示された切換え回路網はマイクロプロセッサ回路網248より導線266を経て制御され、切換え回路網264よりのパルス幅設定信号は導線268を経て導線236へ供給される。

【0042】また導線236の信号は導線270を経てブロック272にて示されたパルス取得回路網へ供給される。回路網272はマイクロプロセッサ回路網248により駆動されると導線236に於ける最も高いパルス振幅の値を取得する。この情報は導線274を経て定期的にマイクロプロセッサ回路網248へ伝達される。ピーク検出器の形態をなす回路網272は「スナップショット回路」と呼ばれることがある。導線270の信号は導線276及びブロック278にて示されている如くバッファ増幅器にも供給される。バッファ増幅器は受けたパルスを示す出力を導線280へ出力し、その出力は従来の放射線検査の目的で制御装置12の後方部分に於いて利用可能な状態にされる。

【0043】図示の構成によれば、プローブ14は結晶129に衝突する光子放射線に応答してカウント出力を発生する。このカウント出力信号は光子放射線の問題にしているエネルギーに対応する振幅を有する。更にこの信号は宇宙線等の如きスブリアス現象をも示している。従ってカウント出力のエネルギー、即ちその振幅は図6に示されたエネルギー検出窓回路網238に於いて評価される。下限閾値比較回路網242は、それに与えられる信号が閾値に等しい値又はそれよりも高い値の振幅を示すときには、記号Hにて示された所定の一定の継続時間のパルスを導線282へ出力する。この場合の閾値は前述の如く導線254より供給される。同様に導線244よりのカウント出力信号は上限値比較回路網240により評価され、カウント出力信号が導線252より供給される上限値よりも高い値の振幅を示すときには、記号Hにて示された所定の一定の継続時間のパルスが導線284に出力される。導線282及び284の出力はブロック286にて示された非同期シーケンスの基本モードの弁別回路の入力端子へ供給される。弁別回路286はシ-

ケンス回路であるので、クロック信号には同期しない。弁別回路286の如き弁別回路は例えば1995年12月12日付にて発行され本願出願人に譲渡された米国特許第5,475,219号に記載されている。この弁別回路286は問題にしているエネルギー範囲の観点から有効な光子放射線を示すカウント出力信号が導線236に発生すると、導線288に細かいパルスの形態にて光子検出出力、即ちカウント対応信号を発生する。導線288のこれらのパルスはブロック290にて示されたカウンタ回路網によりカウントされ、前述の入力回路網により評価されるカウントデータは統計学的に分析されるよう導線292を経てマイクロプロセッサ回路網248へ供給される。カウンタ回路網290の機能は前述の米国特許第4,889,991号に記載されている如くソフトウェアにより達成される。

【0044】マイクロプロセッサ回路網248は使用者が制御装置12に設けられたファンクションスイッチ28に対し入力を与えることにより種々の動作モードにて動作する。一般にマイクロプロセッサ回路網248は二つの出力成分、即ちスピーカより発生される聴覚出力とディスプレイ24に表示される視覚的出力の両方を発生する。一般に所定の周波数変動にて現われる聴覚音信号はまず導線294を経てブロック296にて示された音量制御回路網へ供給され、該回路網に於いて音量調節された信号は導線298を経てブロック300にて示されたオーディオ增幅回路へ供給される。オーディオ增幅回路300は導線302を介してスピーカ304を駆動する。上述の如く構成された聴覚音構造によれば、スピーカ304よりの周波数出力は、システム10により判定される平均計数率がバックグラウンド計数率に比して統計学的に意味のある予め設定された閾値レベルを越えると、20Hzより1200Hzまで指数関数的に増大する。この聴覚音モードは制御装置12に於いてスケルチスイッチ35を駆動し次いでリセットカウントスイッチ34を駆動することにより、或いはプローブ14のスイッチ駆動面50に指の圧力を与えることにより使用者によってアクセスされる。

【0045】前哨リンパ節の同定に於いては、この聴覚音モードは外科医がプローブ14を移動し、次いでスイッチ駆動面50を押圧し、放射線源に基づく前哨リンパ節の検索に於けるプローブの移動範囲が極めて小さくなるまでこの操作を繰り返すことによってスケルチ工程を行いうよう外科医に指示するために使用される。移動範囲が極めて小さくなった位置に於いては、音発生範囲の円は窓124が前哨リンパ節に近接し、計数率のピーク値に応答している状態になるので有効である。この聴覚音モードの動作は前述の米国特許第4,889,991号に詳細に記載されている。RIGSの一般的な工程に於いては、スイッチ35及び34が順次駆動された後に、プローブ14のカウント出力が5秒間評価されることに

よって基本計数率が求められる。次いで計数率のレベルが所定の統計学的に意味のあるレベルになるまでスピーカ304よりの聴覚出力が発生されないよう、マイクロプロセッサ回路網248のプログラムが基本計数率よりも高い所定の統計学的に意味のある閾値計数率を設定する。

【0046】かくして例えば前哨リンパ節の位置の外縁に於いてこの工程を行い、次いで出力がスケルチの位置に於ける無音の状態より音発生の状態になり更に無音の状態になるまで、即ち低周波数の出力になるまでプローブ14の移動を継続することにより、プローブが前哨リンパ節が存在する組織の領域に於いて移動される際に、その前哨リンパ節の位置が横断方向及び深さ方向の両方向について特定される。特に深さ方向については、放射線源を有するリンパ節よりの放射線のカウント可能な放射量は、プローブ14の検出器129が前哨リンパ節に近付くにつれて放射線伝播の逆二乗則に従って増大する。

【0047】スケルチにより決定され漸次減少するスキャン範囲を設定することにより前哨リンパ節の位置を特定するこの方法を図7のグラフを参照して説明する。図7に於いては、例えば前哨リンパ節を含む所属リンパ節領域をスキャンする際に於ける計数率値が、プローブがその領域をスキャンする際に移動される距離を横軸にとって示されている。ある濃度の放射性物質を含む前哨リンパ節の位置が、組織内の位置であってスキャン時に得られた計数率値の最も高い点に特定される。計数率値が最も高いこの中央点は図7に於いて点310に設定されており、計数率値は曲線312により示されている。この工程に於いては、従来のスケルチ動作、即ちスイッチ駆動面50(図1参照)を押圧駆動することは、この領域の外縁に於いて、例えば点314又は314'に於いて行われる。プローブはこれらの点の間の中央に於いて前哨リンパ節上を通過する。従ってプローブは点315及び315'の如き二つの点の何れか一方より内方へ移動され、スケルチスイッチ駆動面50が押圧され、スケルチ閾値が高められることによって音出力が消去される。この段階に於いてはスキャン範囲は狭くなってしまい、プローブはそれが中央点310を通過する際に前哨リンパ節を上に位置しこれを指し示す。

【0048】外科医は再度例えば点316又は316'の位置までプローブを移動し、スケルチ工程を再度実行する。これら二つの点の間に於けるスキャンは狭い範囲のスキャンであり、前哨リンパ節の位置である中央点310を含んでいる。例えば点317と317'との間をスキャンするよう、最後のスケルチ点より内方へプローブを移動させることによって再度スケルチ工程が行われてもよい。かかるスキャンにより非常に狭い音発生範囲の円が示される。この段階に於いては、プローブの移動を完了するために必要なプローブの移動量はごく僅かで

あり、前哨リンパ節の位置が容易に判定される。次いでこれと同一の工程が切開部を経て前哨リンパ節へ向けて三次元的な移動について行われる。

【0049】図6に於いて、マイクロプロセッサ回路網248はブロック320及び双頭の矢印322にて示されている如く入出力回路網と従来の要領にて共働する。この入出力回路網は矢印324にて示されている如くキーボード、即ちスイッチ28を適宜にスキャンする。これらのスイッチ入力はブロック320に接続されたプローブスイッチの論理出力導線230及び232により示されている如く圧電スイッチ82の二つのスイッチ素子によりエミュレートされる。また出力ポートは矢印326により示されている如くディスプレイ24を駆動する。カウント工程中にはマイクロプロセッサ回路網248はブロック330にて示された発光ダイオード(LED)駆動回路網まで延在する導線328を経てLED駆動回路網を制御する。駆動回路網330は導線332を経て図1に於いて符号26にて示され図6に於いても同一の符号が付されたブロックにて示された二色LEDディスプレイへ出力を供給する。ディスプレイ26はA線が検出されると赤色の光を発し、カウント工程中には緑色の光を発する。ブロック334及び矢印336により示されている如く、非揮発性メモリを有するリアルタイムクロック及びカレンダもマイクロプロセッサ回路網248との関連で設けられている。更にマイクロプロセッサ回路網248はブロック194にて示された電源の性能を監視するためにも使用される。かかる監視はマイクロプロセッサ回路網248がブロック338にて示されたアナログ-デジタル変換器及び矢印340、342にて示された導線と共に共働することにより達成される。変換器338はマイクロプロセッサ回路網248へ供給される電源194に於けるアナログ値をデジタル化する。またマイクロプロセッサ回路網は導線344を経てブロック346にて示されたシリアルポート及び双頭の矢印348にて示された導線と共に共働する。

【0050】図8に於いて、電流レベル信号が圧電スイッチ82の何れかのスイッチ素子よりケーブル22の電源導線を経て伝達される回路が符号360にて全体的に示されている。図示の実施形態に於いては、二つのかかる回路360が図2及び図4との関連で上述したプリント回路基板98に設けられている。一方のかかる回路はリセットカウントスイッチ34(図1)の駆動をエミュレートする電流レベルを発生し、他方の回路はリセットカウントスイッチ34の駆動後にスケルチスイッチ35が駆動されることをエミュレートする他の電流レベルを発生する。スイッチ82の圧電素子が符号362にて示されており、その一方の側面は導線364を経て接地接続され、その他方の側面は演算増幅器368のマイナス端子に接続された導線366に接続されている。プローブ14が落とされたり他の理由によりプローブに物理的

衝撃が与えられた場合に発生する比較的高い電圧より回路を保護すべく、抵抗器R1が導線366にて圧電素子362と直列に接続されている。この抵抗器R1は例えば約10万Ωの抵抗値を有していてよい。導線372と接地電位との間に導線370に接続されたツェナーダイオードD1もかかるサージに対する保護機能を果たす。導線372と接地電位との間に導線374に接続された他の一つの抵抗器R2が直流バイアス電流のための経路を与えている。また抵抗器R2は例えば50MΩの如き比較的高い値を有し、圧電素子362のキャパシタンスと共に動して比較的長い時定数を発生する。

【0051】特にスイッチ28が駆動されると、曲線376により示された電圧が発生される。圧電素子362は例えば約6vの如き電圧を発生する。演算増幅器368の出力は導線214に与えられる。導線214は制御装置12より比較的長いケーブル22を経てプローブ14へ供給される+12vの電源に接続されている。ケーブル22は例えば12~15フィート(3.7~4.6m)の長さを有していてよい。演算増幅器368は比較器として構成されており、従ってそのプラスの端子は導線378に接続された抵抗器R3及びR4を含む分圧回路に接続されている。これらの抵抗器R3とR4との間の接続部は導線380により演算増幅器のプラスの端子に接続されている。導線380は演算増幅器368の出力側に於いて二つの抵抗器R5とR6との間の接続点に接続された導線378を経て導線214まで延在している。抵抗器R5及びR6の抵抗値の比は例えば1:5であり、ある程度のヒステリシスを有して動作のふらつきの結果として生じるスブリアス変調を防止すべくフィードバック構造が形成される。一般に曲線376にて示される電圧が圧電式に発生されるので、符号382にて示されている如きマイナスの方向へ向かう曲線が発生され、この曲線は短い時間の間に+12vより約0vへ変化し、これによりプローブ14内の前置増幅回路網により一般に必要とされる約1.6mAよりも高い電流パルスを電源導線に発生する。前述の如く、符号360にて示された回路と実質的に同一の回路がもう一つの圧電素子との関連で使用される。一般にリセットカウントスイッチの機能に対応する回路360はリセットカウント駆動信号を示す約1.5mAの電流を発生するよう構成されるが、スケルチスイッチの機能に対応する回路は1.5mAよりも3~4倍高い電流パルスを発生する。これらのパルス、即ち12vの電源導線内を流れる電流の急激な上昇は制御装置12に於いて補助回路により検出される。

【0052】図9には前述のリセットカウントスイッチ及びスケルチスイッチの機能をエミュレートする信号を発生する回路390のブロック図が図示されている。回路390は制御装置12のプローブ電流回路網206内の電流を監視する。特に前述の導線226及び228が

電源導線210内の抵抗器R7に於いて発生される電圧を監視する。導線226及び228はブロック392にて示された差動増幅回路網まで延在している。導線394に出力される差動増幅回路網の増幅された出力はブロック396にて示されたフィルタ回路網へ供給される。スイッチング入力を示すパルス幅設定信号とは対照的に前置増幅回路網へ供給される電流を示す直流成分を除去すべく、フィルタ回路網396内には比較的長い時定数を有するRC回路が使用されている。またフィルタ回路網396内には、プローブ14内にて圧電結晶が衝突することにより発生されるノイズを防止するためのRC回路構造のフィルタが設けられている。かかるノイズの遮断が行われなければ、回路390のレベル比較機能が損なわれる。

【0053】導線398にて示されている如く、電圧に基づくパルスはフィルタ回路網396よりレベル1~レベル3なる表示が付されそれぞれブロック400~402にて示された三つの比較器へ同時に供給される。特に導線398がレベル1比較器400にアドレスし、これと同時にレベル2比較器401は導線398、404、406よりアドレスされる。レベル3比較器402は導線398及び404よりアドレスされる。比較器400への閾値入力は導線408より与えられる。この閾値は最も低いレベルに設定され、スイッチ駆動面48に於けるリセットカウント入力を示す圧電スイッチ82の圧電素子の出力を示すに十分な振幅のパルスが比較器を駆動して記号しが付された出力を導線410へ出力する。同様に、レベル2比較器401への閾値入力は導線412より与えられる。導線412より与えられるこの上限値は導線408より与えられる閾値よりも高いレベルに選定され、従って比較器401はスケルチ用のスイッチ駆動面50の駆動状態が存在する場合にパルスを発生する。少なくともかかる上限振幅の電圧パルスが存在する状況に於いて記号Hが付された出力が導線414に与えられる。レベル1比較器400はリセットカウント用のスイッチ駆動面48の駆動状態が存在すると共にスケルチ用のスイッチ駆動面50の駆動状態が存在する場合には、導線410へL出力を与える。レベル3比較器402は導線416より上限値入力を受け、その上限値入力は導線412より与えられる上限値入力よりも遙かに高い。比較器402は制御装置12がオン状態にある状況にてプローブ14が最初に制御装置12に接続される場合にプローブに急激に流れる電流を許容する。このレベル3比較器402の出力は導線418に与えられ、禁止機能を果たす。

【0054】それぞれ導線410及び414に与えられるレベル1及びレベル2比較器の出力はブロック420にて示された弁別回路の入力端子へ供給される。弁別回路420はスイッチ駆動面48又は50の何れかが駆動された場合に発生する導線410のL信号に応答し、ま

たスケルチ用のスイッチ駆動面50が駆動された場合に導線414に与えられるH信号に応答する。次いで弁別回路420はプローブに設けられた何れのスイッチが駆動されたかを判定し、スイッチ駆動面48の圧電素子が駆動された場合には導線422に出力を与え、スイッチ駆動面50の圧電素子が駆動された場合には導線424に出力を与える。弁別回路420は非同期シーケンスの基本モードの弁別回路として設けられることが好ましい。弁別回路420はシーケンス回路であるので、クロック信号には同期しない。この種の回路のうち基本モードの回路はレベル入力及びクロック制御されないメモリ素子を有する回路として定義される。かかる弁別回路は、例えば1975年にアメリカ合衆国ニュージャージー州、イーグルウッド・クリフ所在のPrentice-Hall, Inc.より出版された「An Introduction to Computer Logic」(Nagle, Jr.他著)に記載されている如く、タイプ4回路と呼ばれる。

【0055】弁別回路420は好ましい実施形態に於いては、図11との関連で説明する状態の間の変化に基づいて出力が決定されるMealyモデルに基づくものである。弁別回路はそれ以上の構成がなければ、継続時間が短い出力を導線422及び424に与える。従って弁別回路420は例えばRC回路網として組み込まれるパルス幅延長素子を含んでいる。これらの回路網は約 $1\mu\text{sec}$ の時定数を有し、従って弁別回路420により導線422及び424に与えられる出力パルスは実質的に $1\mu\text{sec}$ 秒の継続時間に対応する幅を有する。

【0056】導線422及び424の出力はそれぞれブロック426及び428にて示された一層継続時間の長い( $100\text{msec}$ )パルス幅延長回路網へ供給される。

「単安定RC」のパルス幅延長ブロック426にてパルス幅延長されたパルスは導線430を経てOR回路432へ供給される。OR回路432はリセットカウントスイッチ34の駆動をエミュレートする出力を上述の導線230へ出力する。また「単安定S」のパルス幅延長ブロック428の出力は前述の導線232に与えられる。導線232に与えられるこの出力はスケルチスイッチ35の駆動をエミュレートするものである。また導線232の出力は、導線434を経て「単安定NO.1」なる表示が付されブロック436にて示された単安定マルチバイブレータの入力端子へ供給される。マルチバイブレータ436は遅延の機能を果たし、遅延後の出力が導線438を経て「単安定NO.2」なる表示が付されブロック440にて示された単安定マルチバイブレータへ供給される。このマルチバイブレータ440は導線430に与えられるパルスの幅に等しい幅のパルスを発生し、そのパルスは導線442を経てOR回路432へ供給される。従って制御装置12はスケルチスイッチ35のエミュレート駆動に応答し、次いでリセットカウントスイッチ34のエミュレート駆動に応答し、これによりシス

テムを聴覚音モードに切換え、例えば5秒間の如き或る時間に於ける基本カウントを行い、その基本カウントにより示される計数率よりも高い統計学的に意味のある計数率閾値が設定される。

【0057】レベル2比較器401に設定される上限値よりも十分に高い非常に高振幅のパルスを受けるレベル3比較器402の説明に戻ると、かかる高振幅のパルスの継続時間に亘り継続するよう予め設定された継続時間の間禁止信号が導線418に与えられる。この禁止信号は導線418及び444により示されている如く単安定マルチバイブレータ436及び440の動作を禁止する。更に単安定マルチバイブレータ426及び428により行われるパルス幅延長機能も導線418、446、448により示されている如く禁止される。

【0058】図10には回路390の性能を示す信号線図、即ちパルス出力図が図示されている。図10に於いて、リセットカウントスイッチ34の駆動に対応する導線422のパルス出力が符号450にて示されている。制御装置12内にて導線230より導かれる対応するパルスがパルス452として示されており、このパルスはパルス幅延長ブロック426へ供給される。スケルチスイッチ35の駆動により導線424にパルスが発生され、このパルスは符号454にて示されている。このパルスはスケルチスイッチ35の駆動をエミュレートする対応するパルスを導線232に発生し、このパルスはパルス456として示されている。パルス456の立ち下がり端はブロック436にて示された単安定マルチバイブレータNO.1を駆動し、パルス458として示された遅延時間を発生する。パルス458の立ち下がり端はブロック440にて示された単安定マルチバイブレータNO.2を駆動し、これにより一定の既知の継続時間のパルス468を発生し、このパルスはOR回路432へ導かれ、これによりパルス462として示されたリセットカウントスイッチエミュレーションと同一のパルスを発生し、これにより制御装置12は基本カウント及び計数率閾値設定作動モードに切換えられる。

【0059】図8に示されたブロック420との関連で上述した非同期シーケンスの基本モードの弁別回路を状態図との関連で説明する。尚下記の説明に於いて、「o b」はその前の記号にオーバーパーがあることを意味する。図示の特定の適用例に於いては、この回路には四つの状態a～dが付されるが、この回路の状態がその四つの状態のうちの一つの状態になることはなく、従ってその状態は後の状態図に於いては使用されない。かかる状態図が三つの安定な状態a～cについて図11に図示されており、導線410の信号を示す記号L及び導線414の信号を示すHが使用されている。これらの信号はそれらが存在する場合には論理1により示され、それらが存在しない場合には論理0により示される。前述の如く、L信号はスイッチ駆動面48のリセットカウントス

イッチ又はスイッチ駆動面50のスケルチスイッチの何れかが駆動されることにより発生され、H信号はプローブに設けられスイッチ駆動面50に対応するスケルチスイッチが駆動された場合にのみ発生される。

【0060】この状態図により定義されている如く、ある状態変化中にのみ二つのMealy出力が存在する。図11に於いて、三つの安定な状態a～cはそれぞれ符号470～472が付された円にて示されている。円470の安定な状態は比較器400又は401の何れかよりのパルス信号が存在しない場合の状態であり、LobHob/00状態を示しており、信号が存在しない場合には変化ループ474にて示されている如くその安定な状態が維持される。しかし例えば下限閾値比較器400に於いてパルスが発生されると、変化円弧線476により示されている如く状態が円471にて示された状態bに変化する。状態L Hob/00は継続又は戻りが生じても変化ループ478により示されている如く状態bを維持する。しかしレベル2比較器401よりの出力信号が存在しない状態にて比較器400よりパルスが出力されると、そのパルスの立ち下がり端に於いて変化円弧線480により示される変化が生じ、弁別回路よりの対応する出力は1, 0になる。この状態は変化円弧線480に示されている如くLobHob/10として示される。その場合回路は円470にて示された安定な状態aに戻り、出力は0, 0に変化する。評価されている信号が比較器400の下限閾値及び比較器401の上限値の両方を横切る場合には、変化円弧線482により示されている如く状態LH/00が変化する。変化ループ484により示されている如く、状態は安定な状態cになる。評価されているパルスは立ち下がり端を示すので、状態L Hob/00及びLobH/00についてそれぞれ変化ループ486及び488にて示された状態が存在する。しかし状態LobHob/01が存在すると、変化円弧線490により示された変化が生じ、状態は円470にて示された安定な状態aになる。

【0061】図11の状態図は更に他の起り得る論理事象及びその結果を示している。例えば状態aとの関連で状態LobH/00が存在すると変化円弧線492により示された変化が生じ、これにより状態は状態cに変化する。同様に状態aに於いて状態LH/00が生じると、変化円弧線494にて示されている如く状態が状態cに変化する。以上に基づき弁別回路420の構成は設計者の好みに応じて種々の形態をなしていい。例えば状態図はアメリカ合衆国カリフォルニア州、サン・ジョゼ所在のAltera Corporationより販売されているタイプEPM5130の如き電子的にプログラム可能な論理デバイス(EPLD)との組合せにてプログラミングすることにより組み込まれてよい。或いは従来の半導体論理デバイスを使用してより一層単純な回路が採用されてもよい。弁別回路420との組合せにて開発された回路の更

なる解析が、1995年10月13日付にて出願され本願出願人に譲渡された米国特許出願第543,032号に記載されている。

【0062】図9の回路に通ずる状態動作の更なる解析が、例えし及びHに対し状態を割り当てる修正された基本フローチャート、フローチャートの状態がなくなつたか否かを判定する含意テーブル、縮小されたフローチャート、測定可能な変量が不定の状態a、b、cに対し割り当たられる割り当てマップを使用して行われる。かかるマップを使用して、変量Q0及びQ1はそれらが上述の状態に割り当たることによって定義される。次いでユニークな二次状態q1、q0を用いて励起テーブルが形成される。特に変量Q0は変化が生じた後に於いてのみq0に等しくなり、このことはQ1及びq1についても同様である。この情報はカーナウ图表に変換することができ、従ってブール論理方程式が求められる。例えば図示の回路ロジックについて下記の四つの方程式が求められる。

【0063】

【数1】  $Q_1 = H + (L \cdot q_1)$

【数2】 リセットカウント =  $Q_{0d} Q_{1ob} L_{obHob}$

【数3】  $Q_0 = L_{Hob} q_{1ob}$

【数4】 スケルチ =  $Q_{1d} Q_{0ob} L_{obHob}$

【0064】以上の各方程式に於いて、 $Q_{0d}$ 及び $Q_{1d}$ はそれぞれ図13との関連で説明するインバータ段566及び560の出力端子のパルス幅延長された信号を表している。

【0065】図12乃至図15には図9に示された回路の結線図が示されている。尚これらは図はそれらに記載されている通りに並べられた状態にて見られなければならない。図9及び図12乃至図15に於いて適当である場合には共通の符号が採用されている。

【0066】図12にはブロック392及び396として上述した増幅回路及びフィルタ回路が図示されている。導線226及び228は上述の抵抗器R7を横切って接続されており、それぞれ抵抗器R10及びR11を介して差動増幅器500のマイナスの入力端子及びプラスの入力端子に接続されている。導線226、228及び増幅器500は抵抗器R10～R13と共に供給される直流信号の分圧を行うと共に約2.5のゲインを与えるようになっている。増幅器500は例えばタイプTL072であってよく、導線502に出力を与える。この回路構成の一つの利点は、導線226及び228に与えられる通常12Vの共通モード電圧が増幅器500の二つの入力端子に於いて該増幅器により受け入れ可能な約9Vに低下されることである。導線226及び228を経て供給される信号の直流成分はブローブ14内の前置増幅回路の電流ドローを表しているので、コンデンサC1及び抵抗器R14を含むRC回路網504が、例えば4.7秒の如き非常に長い時定数を使用することによって上述の直

31

流成分を除去するために設けられている。かかる長い時定数により比較器に有害な影響を与えるアンダーシュート現象が防止される。抵抗器R15及びコンデンサC2よりなる他の一つのRC回路506がRC回路504と直列に接続されている。RC回路506は例えば0.01秒の如き遙かに短い時定数を有し、プローブ14内のテルル化カドミウム結晶129が衝突等によって衝撃を受けた場合に発生することがある高周波のスプリアス信号を除去する。結晶129は圧電素子であるので、かかるスプリアス信号が発生することがあり、かかる信号が除去されなければ下流側の回路が駆動されてしまう。またRC回路506は極端なノイズを効果的に除去する。

【0067】出力導線502がRC回路506より増幅器508含む從来の非逆変換増幅回路のプラスの端子まで延在している。タイプTL072であってよい増幅器508は抵抗器R16及びR17と共に駆動して出力導線510に28のゲインを与え、該ゲインは圧電スイッチ82の何れかの圧電素子が駆動されるとマイナス方向へ変化するバルスとして与えられる。

【0068】図13に於いて、導線510は上述のマイナス方向へ向かうバルス信号をレベル1比較回路400及びレベル2比較回路401へ導く。特に導線510は比較器512のマイナスの入力端子に接続された結合コンデンサC5を含んでいる。導線410に出力を与える比較器512は、減結合コンデンサC6及びC7が接続されたタイプLF311であってよく、抵抗器R16及びR17を含むプラスの入力端子へのフィードバック経路を含み、これにより回路400にヒステリシス特性を与える。ブルアップ抵抗器R18が出力導線410とVccとの間に接続されている。この比較回路400の閾値応答は、導線514を介して入力導線510に接続された一定の抵抗器R19～R21により設定される。特に抵抗器R19及びR20は+12Vと接地電位との間に接続されている。他の一つの構成として、抵抗器R22及び手動的に調節可能なポテンシオメータ516との組合せが抵抗器R19及びR20に置き換えられてもよい。抵抗器R21は抵抗器R19及びR20により形成されるバイアス電圧を比較器512のマイナスの端子に導く。結合コンデンサC5及び抵抗器R21の時定数はある値になる。導線410の逆変換された信号はプラスの方向へ変化する記号しが付されたバルスである。

【0069】また導線510の信号は導線518及び520を経て比較回路401にも同時に供給される。比較回路401は比較器522を含み、比較器522にはコンデンサC10、C11及びフィードバック経路524内のヒステリシス抵抗器R23、R24が接続されている。ブルアップ抵抗器R25が出力導線414とVccとの間に接続されている。導線510よりのマイナス方向へ向かう入力バルスはコンデンサC9を経て比較器522のマイナスの入力端子に供給される。比較回路401の閾値レベ

32

ル、即ち上限値は抵抗器R26～R28又は一定の抵抗器R29及び手動的に調節可能なポテンシオメータ526と共に駆動する抵抗器R28により設定される。更に抵抗器R26及びR27は抵抗器R29及びポテンシオメータ526と同様+12Vと接地電位との間に接続されている。

【0070】それぞれ導線410及び414に与えられる出力I及びHは弁別回路420へ供給される。弁別回路420は上述の四つの方程式との関連で説明したブール論理演算を行う。特に導線410が導線532を介してインバータ530に接続されているので、Lobが導線528に発生される。同様に Hobがインバータ538の入力端子に接続された導線414より導線534及び536に発生される。導線536より変量 Hobを受けると共にNAND回路546の出力導線544の出力を受けるOR回路542の出力である変量Q1は導線540に発生され、NAND回路546の入力端子は導線410より変量Lを受けると共に導線548を経て導線540の出力を受ける。導線540の変量Q1はインバータ550に於いて逆変換され、これにより導線552に変量Q1obが与えられる。変量Q0obはNAND回路556の出力として導線554に発生され、NAND回路556の入力は導線536の変量 Hob、導線552に発生される入力Q1ob、導線410よりの変量Lである。

【0071】例えばMealy過渡出力に起因して導線422及び424（図9参照）の信号の継続時間が短くなることを回避すべく、導線552及び554に約1ミリ秒の遅延が発生される。特に抵抗器R30及びコンデンサC12にて形成されたRC回路558が導線552に設けられており、遅延された信号はインバータ560に於いて逆変換され、これにより導線562に信号Q1dが与えられる。同様に抵抗器R31及びコンデンサC13よりなるRC回路564が導線554に設けられている。遅延された信号はインバータ566に於いて逆変換され、これにより導線568に信号Q0dが与えられる。これらのバルス幅延長遅延は基本モードの弁別回路420を与えるフィードバックループ（導線548）外にて行われるので、その動的性能は犠牲にならない。上述の如く、これらのバルスはブロック426及び428との関連で図9に示された100msecのバルス幅延長回路網のためのトリガとして作用する。弁別回路420の素子に関する上述の構成に於いて、インバータ530、538、550、560、566はタイプ74HC14であってよく、NAND回路546及び556はタイプ74HC10であってよい。インバータ560及び566にタイプ74HC14のショミットトリガインバータを選定することにより、導線562及び568に於ける立ち上がり及び立ち下がり時間を速くすることができる。

【0072】図14に於いて、導線568は信号Q0dを伝達し、信号Q0dは出力が前述の導線422であるNAND回路570の一つの入力端子へ供給される。導線5

68の信号に加えて、NAND回路570への他の入力が記号Hob、Q1ob、Lobにて示されている。NAND回路570は方程式(2)として示されたプール論理方程式との関連で上述したリセットカウント出力を与える。同様にNAND回路572はその入力端子に記号Q1d、Lob、Q0ob、Hobにて示された信号が与えられることに応答してプローブ14のスイッチ駆動面50にてスケルチスイッチが駆動されたことを示す出力を導線424に与える。NAND回路570及び572はタイプ74HC20であってよい。

【0073】リセットカウントスイッチ用のスイッチ駆動面48が駆動されると発生する導線422の出力は、「单安定RC」にて表示されたブロック426との関連で上述した单安定デバイス574のトリガ入力端子へ供給される。デバイス574は内部に発生される閾値と共に働くタイプICM7556のタイミングデバイスであってよい。特にこのデバイス574は、そのトリガ端子が出力導線422に接続され、その閾値端子がコンデンサC14及びVccと接地電位との間に接続された抵抗器R32よりなるRC回路に接続されるよう構成されている。デバイス574の放電端子は、抵抗器R32及びコンデンサC14よりなるCR回路と放電関係をなす抵抗器R33及び阻止ダイオードD5を含む導線576に接続されている。先に放電したコンデンサC14は導線422よりトリガパルスを受けると抵抗器R32を介して充電し、これにより例えば100msecの如き一定の継続時間のパルスを導線430に発生し、該パルスは抵抗器R34及びR35よりなる抵抗OR回路を介してNPNトランジスタ578のベースへ伝達される。トランジスタ578は制御装置12内のリセットカウントスイッチを横切って接続されており、エミッタが接地電位に接続されることにより、スイッチが駆動されることによる動作をエミュレートする。導線430のスイッチング信号の電圧はトランジスタ578をオン状態に設定するVccであるが、抵抗器R35及び導線442に於ける対応する電圧は0である。

【0074】单安定回路428はデバイス574と同様に構成されたデバイス580を含んでいる。例えば導線424のスケルチ信号はデバイス580のトリガ入力端子へ供給され、デバイス580の閾値端子はコンデンサC15及び抵抗器R36を含むRC回路に接続されている。このRC回路はデバイス580の閾値端子に接続されており、抵抗器R37及びダイオードD6を含む導線582より放電される。デバイス580の出力は例えば100msecの如き一定の所定の継続時間を有するパルスとして導線584に与えられ、該パルスはベース抵抗器R38を経てNPNトランジスタ586のベースへ供給される。トランジスタ586のオープンコレクタは制御装置12のスケルチスイッチを横切って接続されている。特にトランジスタ586のコレクタは導線232に接続され、そのエミッタは接地電位に接続されている。

【0075】また導線584は導線588によりデバイス574と同一のデバイス590を含む单安定回路436のトリガ入力端子に接続されている。单安定NO.1(426)により発生される出力パルスの継続時間は单安定回路426及び428に於いて発生されるパルスの約2倍である。導線584よりのパルス信号は導線588及びコンデンサC16を経てデバイス590のトリガ入力端子へ供給される。しかし導線588はブルアップ抵抗器R39を介してVccに接続されており、抵抗器R39にはこれを迂回する保護ダイオードD7が接続されている。従ってデバイス590は図10について符号458にて上述した要領にて導線588より与えられるパルスの立ち下がり端に於いて起動される。单安定回路436は導線584にスケルチエミュレート信号が発生する時点と導線442にリセットカウントエミュレート信号が発生する時点との間にパルス遅延を与える。従ってデバイス590の閾値端子は抵抗器R40及びコンデンサC17を含むRC回路に接続されている。このRC回路は導線592、抵抗器R41、コンデンサC17、ダイオードD8を含みデバイス590の放電端子に接続された回路網により選択的に放電される。

【0076】单安定回路436の出力は導線438に与えられ、コンデンサC18を経て单安定回路440のデバイス594の対応するトリガ入力端子へ供給される。導線438は通常時にはブルアップ抵抗器R42を介してVccに接続されており、抵抗器R42にはこれを迂回する保護ダイオードD9が接続されている。かくしてデバイス594は導線438の信号の立ち下がり端に於いて起動される。デバイス594はデバイス574と同一であり、その閾値端子はコンデンサC19及び抵抗器R43を含むRC回路に接続されている。このRC回路はデバイス594の放電端子より放電され、該端子には導線596を介して抵抗器R44及びダイオードD10が接続されている。单安定回路440の出力は図10に於いて符号468にて示されたパルスであり、OR回路の抵抗器R35を経てトランジスタ578へ供給され、これにより導線230にリセットカウントエミュレートパルスが発生される。このパルスは单安定回路436に於いて設定される時間だけ導線230のスケルチエミュレートパルスよりも遅れている。

【0077】図15にはレベル3比較回路402が一層詳細に示されている。比較回路402は比較器598を含み、該比較器のマイナスの入力端子はコンデンサC20を介して導線518のマイナスへ方向へ変化する信号を受けるようになっている。比較器598はタイプLF311であってよく、導線600に出力を与える。抵抗器R45及びR46と共に導線602を含む再生フィードバック経路が導線600に接続されている。更に比較器598には減結合コンデンサC21が接続されている。比較回路402のための閾値は+12vと接地電位との間に接続さ

れた抵抗器R47、R48及び抵抗器R49を含む分圧回路により供給される。これらの抵抗器の抵抗値は比較的高い上限値を与えるよう選定されており、この回路の所期の目的はプローブの大電流ドロー（プローブ14が最初に制御装置12に接続される場合に発生する）が生じた場合に单安定デバイスの動作を阻止することである。出力導線600は抵抗器R50を介してVccに接続されており、導線600の出力はインバータ604に於いて逆変換され、導線606に与えられるその出力はパルスを決定する单安定デバイス608のトリガ入力端子へ供給される。デバイス608は前述のタイプICM7556であってよく、コンデンサC22及び抵抗器R51を含むRC回路により決定される継続時間を有する出力を導線610に与える。このRC回路はデバイス608の閾値端子に接続されており、導線612、抵抗器R52、ダイオードD11と共に働く放電端子より選択的に放電される。導線610の出力はインバータ614に於いて逆変換され、これによりRESETob信号を含むパルス出力が導線418に与えられ、該出力はそれぞれ図14に於いて導線620～623にて示されている如くデバイス574、580、590、594のリセット端子にも同時に供給される。

【0078】本発明の範囲内にて上述のシステム及び方法に種々の変更が加えられてよいので、上述の説明及び添付の図面に示された全ての事項は例示のためのものであり、本発明を限定するものではない。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるシステムの外観図である。

【図2】図1の線2-2に沿う拡大部分断面図である。

【図3】図2の線3-3に沿う拡大部分断面図である。

【図4】本発明によるプローブの製造工程を示す図2に示されたプローブの部分断面図である。

【図5】図1に示された制御装置及びプローブに使用される回路の一部を示すブロック図である。

【図6】図1に示された制御装置及びプローブに使用される回路の残りの部分を示すブロック図である。

【図7】本発明によるプローブに使用されるスケルチに基づく案内方法を示すスキャン範囲と係数率値との間の\*

\* 関係のグラフである。

【図8】電流レベル信号を発生する目的で図2のプローブ内に使用される回路の電気回路図である。

【図9】図1に示された制御装置のリセットカウントスイッチ及びスケルチスイッチの機能をエミュレートする信号を発生する回路の電気回路図である。

【図10】図9の回路の動作を示すパルス出力線図である。

【図11】図9に於いてブロックにて示された弁別回路の動作を示す状態図である。

【図12】図9に示された回路の一部の結線図である。

【図13】図9に示された回路の他の一部の結線図である。

【図14】図9に示された回路の他の一部の結線図である。

【図15】図9に示された回路の更に他の一部の結線図である。

#### 【符号の説明】

10…システム

12…制御装置

14…プローブ

22…ケーブル

28…スイッチ列

34…リセットカウントスイッチ

35…スケルチスイッチ

40…ハウジング

46…検出器組立体

48、50…スイッチ駆動面

70…スイッチ受け入れ通路

30 82…圧電スイッチ

88、89…楔

86…スイッチ支持組立体

106…検出器信号通路

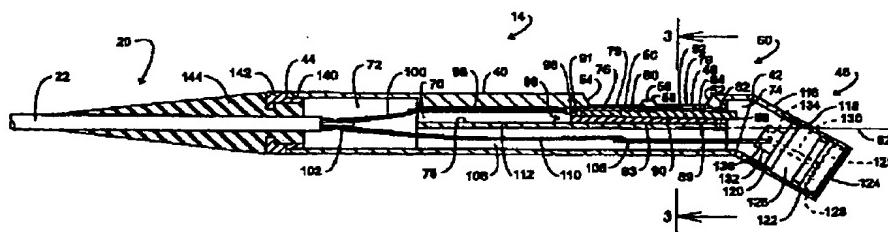
112…シールド壁

116…コネクタチューブ

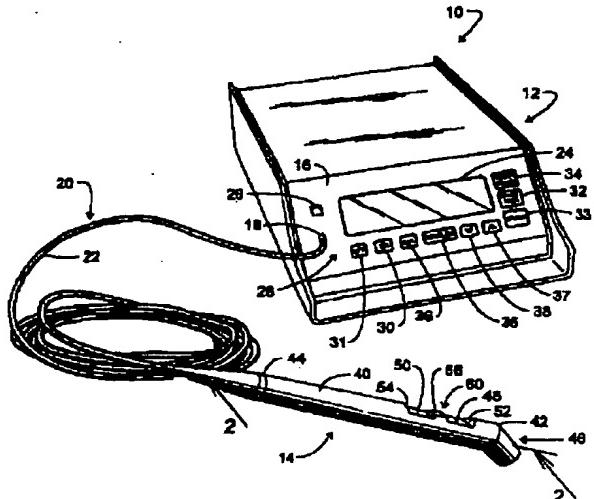
129…テルル化カドミウム結晶検出器

150…ジグ

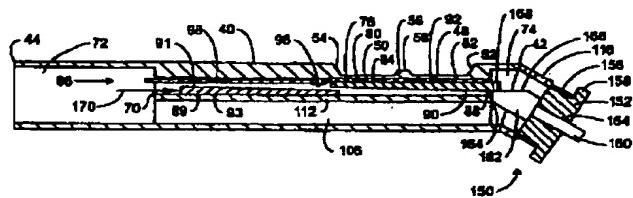
【図2】



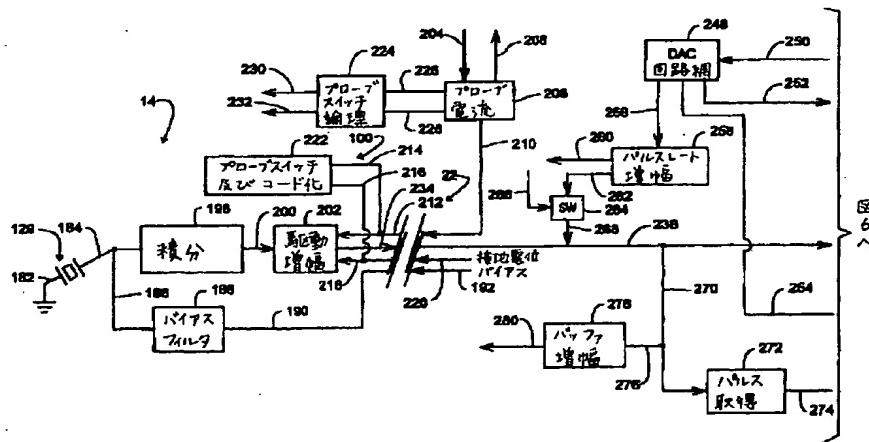
### 〔図1〕



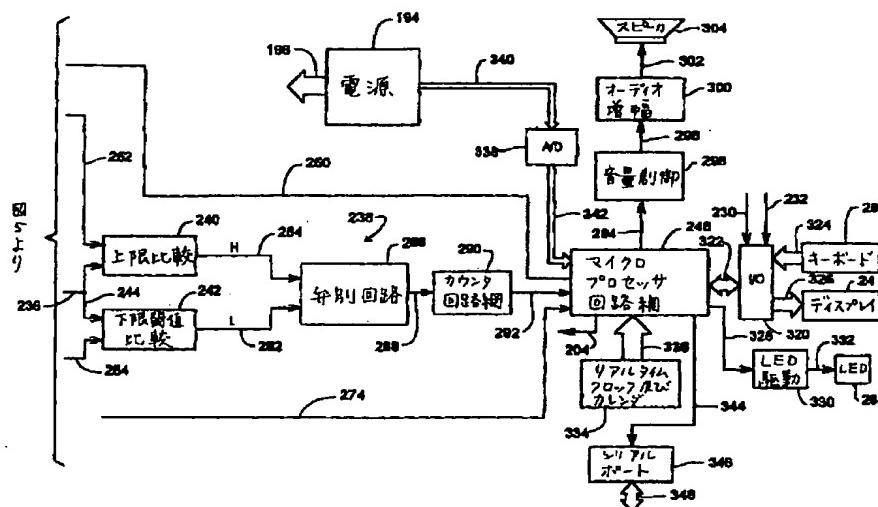
[図4]



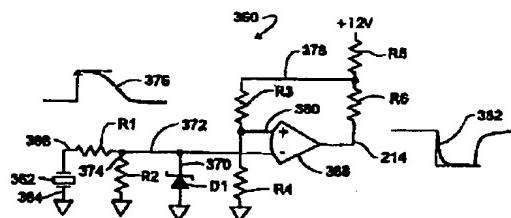
【図5】



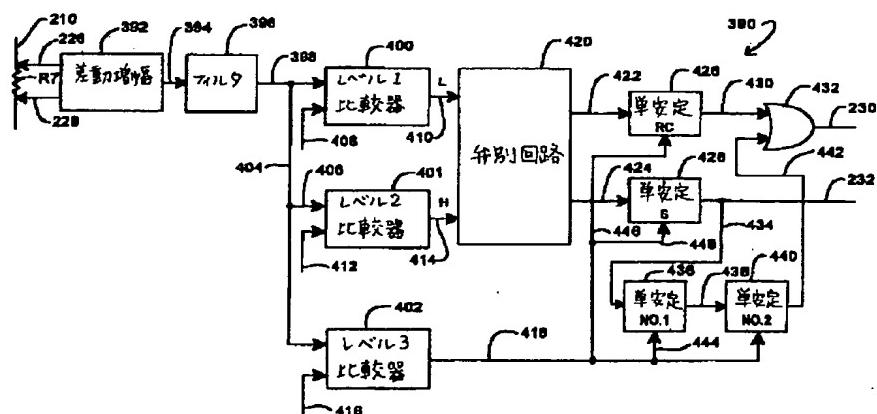
【図6】



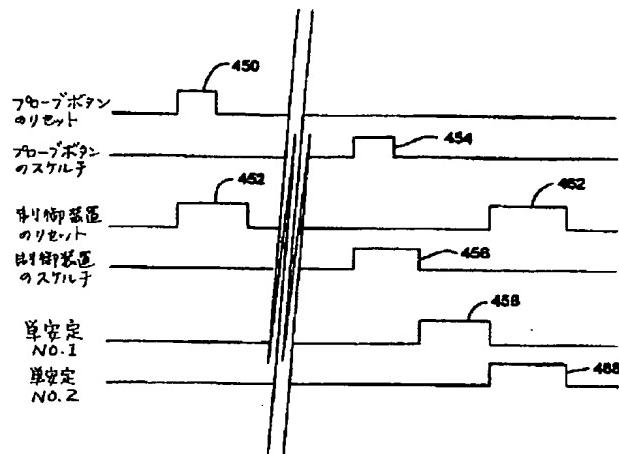
【図8】



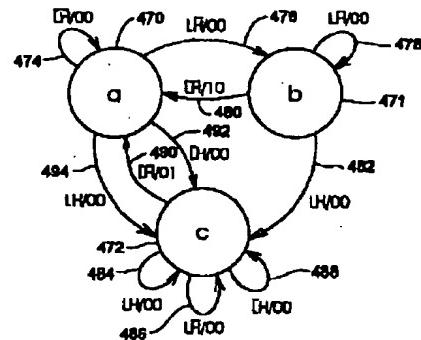
【図9】



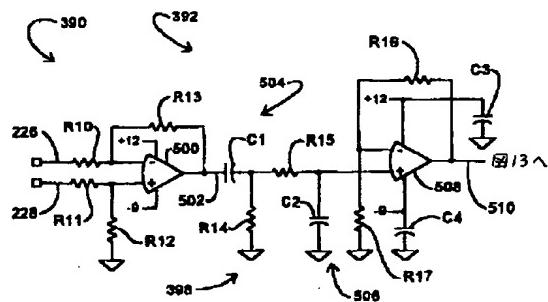
【図10】



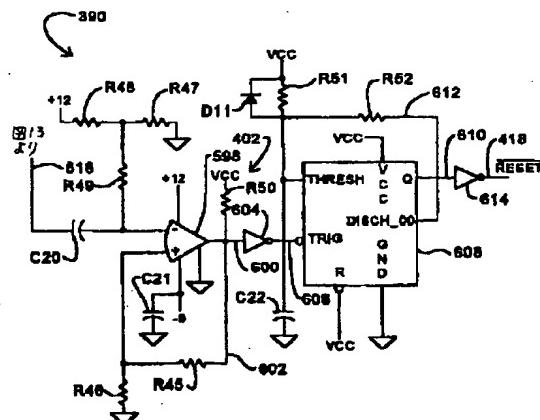
【図11】



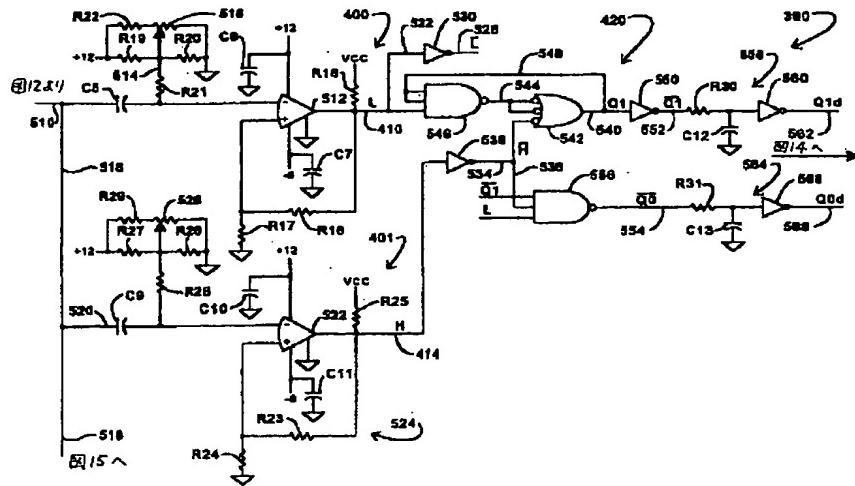
【図12】



【図15】



[図13]



[図14]

